

ANÁLISE DAS ETAPAS DE UM PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA (PRAD) APLICADA PARA UM ANTIGO LIXÃO NO MUNICÍPIO DE GAROPABA

Fábio Leonardo Ramos Salvador

Orientador: Israel Fernandes de Aquino

2012.2





UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL

FÁBIO LEONARDO RAMOS SALVADOR

ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA
DEGRADADA (PRAD) PARA UM ANTIGO LIXÃO NO
MUNICÍPIO DE GAROPABA

Florianópolis/SC
2012

FÁBIO LEONARDO RAMOS SALVADOR

Elaboração de um plano de recuperação de área degradada (PRAD) para um antigo lixão no município de Garopaba

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Sanitarista e Ambiental.

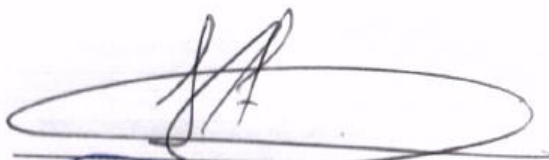
Orientador: Prof. Israel Fernandes de Aquino

FLORIANÓPOLIS/SC
2012

FÁBIO LEONARDO RAMOS SALVADOR

Elaboração de um plano de recuperação de área degradada (PRAD) para um antigo lixão no município de Garopaba

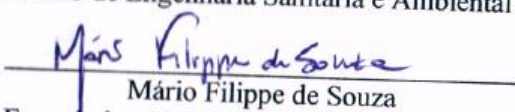
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – TCC II. Banca examinadora:



Prof. Israel Fernandes de Aquino – Orientador
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFSC



Prof. Dr. Armando Borges de Castilho
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFSC



Mário Filippe de Souza
Engenheiro Civil (CREA 111508-8) – UFSC

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PMG	Prefeitura Municipal de Garopaba
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RESAMB	Reciclagem e Limpeza Ambiental Ltda.
RH	Regiões Hidrográficas
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SVE	<i>Soil Vapor Extraction</i>
SVMA	Secretaria do Verde e do Meio Ambiente
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
VI	Valores de Investigação

*Dedico este trabalho àqueles que, desde o
longínquo primeiro dia de aula,
ajudaram-me de alguma forma.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, ao orientador Israel Fernandes de Aquino, pelos ensinamentos em aula da disciplina de Resíduos Sólidos e atenção e disposição de dúvidas e auxílios.

Agradeço à minha família pelo respeito aos momentos de concentração e silêncio, além dos momentos de ausência.

Ao engenheiro sanitarista e ambiental Diogo Ferreira Alves, da empresa Iguatemi Engenharia, pela atenção contínua e acesso rápido de materiais úteis.

Ao engenheiro civil Mário Filippe de Souza, da empresa KSE Soluções Ambientais, pela ajuda na elaboração e confecção de todo o projeto.

Por fim, agradeço a todos que, de qualquer maneira, estiveram envolvidos neste trabalho e torceram pelo sucesso dele.

RESUMO

O trabalho buscou propor um plano de recuperação de área degradada (PRAD) para um antigo lixão do município de Garopaba. Através de normativas e estudos já realizados na área, o trabalho traz uma análise do histórico do lixão e sua situação nos dias de hoje, conduzindo a problemática a uma série de técnicas e alternativas atualmente utilizadas na recuperação de áreas degradadas. O principal resultado da pesquisa foi um documento que apresenta as diretrizes necessárias para que os problemas causados pela deposição irregular do res no terreno sejam mitigados e corrigidos.

Palavras-chave: plano de recuperação; área degradada; aterro sanitário; técnicas de remediação.

ABSTRACT

This research sought to elaborate a recovery plan for degraded area (RPDA) for a former landfill in the municipality of Garopaba/SC, Brazil. Some regulations and studies already realized in the area helped this research, which has a historical analysis of the landfill and its situation nowadays, leading the problematic to a series of techniques and alternatives which are used in the recovery of degraded areas. The main result of the research was a document that presents the necessary guidelines for the mitigation and correction of the problems caused by the irregular waste deposition on the field.

Key-words: recovery plan; degraded area; sanitary landfill; remediation techniques.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
2	OBJETIVOS	28
2.1	OBJETIVO GERAL	28
2.1.1	<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	28
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	29
3.1	PLANO DE RECUPERAÇÃO	29
3.1.1	<i>ANÁLISE PRÉVIA DA ÁREA CONTAMINADA</i>	31
3.1.2	<i>INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA</i>	32
3.2	ÁREA DEGRADADA	33
3.3	TÉCNICAS DE REMEDIAÇÃO	34
3.4	ATERRO SANITÁRIO	37
3.4.1	<i>QUEIMA DE GASES</i>	38
3.4.2	<i>TRATAMENTO DO LIXIVIADO</i>	39
3.4.3	<i>IMPERMEABILIZAÇÃO DO ATERRO</i>	39
3.4.4	<i>COBERTURA DO ATERRO</i>	40
3.5	AVALIAÇÃO DE RISCO	40
3.6	LEGISLAÇÃO VIGENTE	41
4	METODOLOGIA	44
4.1	DIAGNÓSTICO	44
4.1.1	<i>CLIMA</i>	45
4.1.2	<i>GEOLOGIA E PEDOLOGIA</i>	45
4.1.3	<i>GEOMORFOLOGIA E RELEVO</i>	45
4.1.4	<i>RECURSOS HÍDRICOS</i>	46
4.1.5	<i>VEGETAÇÃO</i>	46
4.1.6	<i>HISTÓRICO DO LIXÃO</i>	46
4.2	PROGNÓSTICO	46
4.3	AVALIAÇÃO E ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE REMEDIAÇÃO	46
5	RESULTADOS	48
5.1	DIAGNÓSTICO	48

5.1.1	<i>CLIMA</i>	48
5.1.2	<i>GEOLOGIA E PEDOLOGIA</i>	48
5.1.3	<i>GEOMORFOLOGIA E RELEVO</i>	49
5.1.4	<i>RECURSOS HÍDRICOS</i>	51
5.1.5	<i>VEGETAÇÃO</i>	58
5.1.6	<i>HISTÓRICO DO LIXÃO</i>	60
5.2	<i>PROGNÓSTICO</i>	62
5.3	<i>AVALIAÇÃO DE GERAÇÃO DE GÁS E LIXIVIADO</i>	63
5.4	<i>AVALIAÇÃO E ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE REMEDIAÇÃO</i>	68
5.4.1	<i>ESCAVAÇÃO, REMOÇÃO E DESTINAÇÃO DO SOLO</i>	69
5.4.2	<i>EXTRAÇÃO MULTIFÁSICA</i>	70
5.4.3	<i>BOMBEAMENTO E TRATAMENTO</i>	70
5.4.4	<i>AIR SPARGING</i>	71
5.4.5	<i>EXTRAÇÃO DE VAPORES (SVE)</i>	72
5.5	<i>DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</i>	73
6	CONCLUSÃO	74
6.1	<i>CONSIDERAÇÕES GERAIS</i>	74
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
	ANEXO A	80

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Destinação final de RSU no Estado de Santa Catarina (T/dia)	26
Figura 2: Etapas de um plano de recuperação.	30
Figura 3: Etapas do PRAD.	33
Figura 4: Passos de identificação.	34
Figura 5: Fluxograma do tratamento.	36
Figura 6: Esquema de um sistema de impermeabilização de base.	40
Figura 7: Caminhão da RESAMB.	44
Figura 8: Regiões Hidrográficas em Santa Catarina	52
Figura 9: Microbacias no Município de Garopaba.	54
Figura 10: Local do antigo lixão em estudo.	56
Figura 11: Fitofisionomias da região hidrográfica do litoral centro sul catarinense	59
Figura 12: Terreno do antigo lixão.	60
Figura 13: Criação de gado sobre o terreno.	62
Figura 14: Evolução da População	63
Figura 15: Exemplo de espalhamento dos poços de controle I.	64
Figura 16: Exemplo de espalhamento dos poços de controle II.	64
Figura 17: Placas de fluxo	67
Figura 18: Técnicas de tratamento.	69
Figura 19: Escavação e remoção do solo.	70
Figura 20: Bombeamento e tratamento	71
Figura 21: Air Sparging.	72
Figura 22: SVE.	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Levantamento Geomorfológico de Santa Catarina.....	50
Tabela 2: Tipo de abastecimento de água por família.	55
Tabela 3: Tipo de tratamento de água no domicílio.	55
Tabela 4: Parâmetros que caracterizam o lixiviado.....	57
Tabela 5: Dados do lixão.....	61
Tabela 6: Taxas de Crescimento Geométrico - Garopaba.....	62
Tabela 7: Valores para o FCM.	66
Tabela 8: Teor de carbono orgânico degradável para cada componente do RSU.	66

1 INTRODUÇÃO

A questão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) representa um dos grandes desafios a serem enfrentados pelas municipalidades, uma vez que o processo acelerado de urbanização aliado ao consumo crescente de produtos e bens não duráveis, tem como agravante o aumento qualitativo de resíduos gerados. O manejo inadequado dos resíduos sólidos urbanos causa danos ao meio ambiente e às populações, ocasionando poluição do solo, ar e água; obstrução dos dispositivos de drenagem das águas pluviais; enchentes, degradação ambiental, depreciação imobiliária e proliferação de vetores transmissores de doenças. Portanto, existe uma grande demanda de políticas públicas para regulação do setor e de ações emergenciais referentes à gestão integrada destes serviços.

Segundo os dados da ABRELPE (2010) o índice de geração de resíduos per capita da população urbana do Brasil teve um aumento de 5,3% em relação a 2009. Em 2010, 57,6% dos resíduos coletados, foram destinados a aterros sanitários, 24,3% a aterros controlados e 18,1% a lixões.

No Brasil são produzidas, diariamente, cerca de 250 mil toneladas de lixo. Sendo que a cidade de São Paulo é a que mais produz lixo no país, com cerca de 19 mil toneladas por dia.

A composição do lixo brasileiro, basicamente, é:

- lixo orgânico (52%);
- papel e papelão (26%);
- plástico (3%);
- metais como, por exemplo, ferro, alumínio, aço, etc. (2%);
- vidro (2%);
- outros (15%);

Além disso, o Brasil recicla cerca de 97% das latinhas de alumínio que são descartadas. Por sua vez, apenas 55% das garrafas PET são recicladas.

No estado de Santa Catarina em 2010, 71,3% dos resíduos coletados foram encaminhados a aterro sanitário, 17,1% a aterros controlados e 11,6% são destinados a lixões. Com relação ao ano de 2009, estes percentuais apresentam uma pequena diminuição, conforme apresentado na Figura 1.

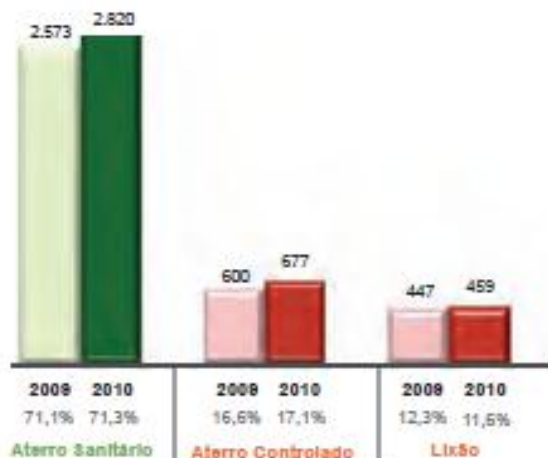


Figura 1: Destinação final de RSU no Estado de Santa Catarina (T/dia)
Fonte: ABRELPE, 2010.

Por sua vez, o município de Garopaba, localizado a aproximadamente 80 quilômetros ao sul de Florianópolis, depositava até 2001 seus resíduos sólidos em um lixão localizado no centro da cidade, no bairro Areia de Ambrósio. De forma geral, os resíduos sólidos ao serem levados à sua destinação final necessitam de cuidados e técnicas específicas de tratamento para minimização dos impactos causados. Entretanto, este lixão não possuía nenhum tipo de tratamento e na ocasião do seu fechamento, as normativas que regem tais cuidados não foram atendidas e o espaço tornou-se inutilizável e perigoso.

Com a aprovação da lei 12.305/10, que institui a nova Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), entra em vigor um novo termo: Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD). Planos de recuperação são importantes instrumentos da gestão ambiental para vários tipos de atividades antrópicas, sobretudo aquelas que envolvem desmatamentos, terraplenagem, exploração jazidas de empréstimos, bota-foras e deposição de resíduos sólidos urbanos (RSU) diretamente no solo. Assim, o presente trabalho surge com o intuito de propor um modelo de PRAD para o antigo lixão de Garopaba, com a avaliação de técnicas e atividades vigentes, sugerindo ao final quais as mais viáveis para o local.

Atualmente, a área conta apenas com um pequeno cultivo de gado sobre seu solo. Com o modelo de PRAD proposto, estarão incluídas avaliações das possíveis propostas de tratamento, diagnóstico e

prognóstico da situação e alternativas para reuso da área para outras atividades.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Subsidiar a elaboração de um Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) para um antigo lixão no município de Garopaba, visando o melhor para o meio ambiente.

2.1.1 Objetivos específicos

- Explanar todas as etapas de elaboração de um PRAD;
- Elaborar um diagnóstico, realizando uma caracterização da região em que o lixão se encontra, do próprio local e identificação dos principais impactos ambientais;
- Elaborar um prognóstico da situação esperada para o futuro e quais consequências poderão ser percebidas;
- Realizar proposições a partir da identificação das melhores técnicas de tratamento e mitigação dos impactos observados, além de propostas de uso futuro da área.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PLANO DE RECUPERAÇÃO

Segundo da Silva (2004), planos de recuperação são importantes instrumentos da gestão ambiental para vários tipos de atividades antrópicas, sobretudo aquelas que envolvem desmatamentos, terraplenagem, exploração jazidas de empréstimos, bota-foras e deposição de RSU diretamente no solo.

Em São Paulo, no bairro de Pinheiros, a Praça Victor Civita é o resultado de um grande plano de recuperação. Considerada como uma referência de sustentabilidade no Brasil, a praça surgiu como um projeto pioneiro de revitalização de uma área degradada, baseado em modelos internacionais. A área, que até final da década de 80 abrigou um centro de processamento de resíduos domiciliares e hospitalares, depois passou a ser ocupada por três cooperativas que faziam a triagem de materiais recicláveis e recebia cerca de 200 toneladas de resíduos diariamente. Por conta disso, muitos funcionários da editora passaram a questionar se haveria uma solução e a polêmica chegou à presidência da editora. Paralelamente, a SVMA (Secretaria do Verde e do Meio Ambiente) e a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB já tinham interesse em desenvolver estudos na área, até mesmo porque também eram vizinhos do terreno com cerca de 13 mil m² (TÉCHNE, 2012).

Em 2002 a Abril assinou um protocolo de intenções com a prefeitura da cidade, referente à realização de um projeto público na área. Logo depois, a CETESB e a SVMA passaram a fazer investigações do solo e das águas do local e detectaram a contaminação do terreno. As obras começaram pela descontaminação do prédio do antigo incinerador - onde hoje funciona o Museu da Sustentabilidade - e seguiram com as obras de contenção da contaminação do solo e construção da Praça, inaugurada no final de 2008 (TÉCHNE, 2012).

Já o IBAMA (2011), na instrução normativa nº 4, trata um plano de recuperação como uma restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original.

Magri (2006), em um estudo de estratégias que podem ser realizadas em meios degradados, tratou do assunto como a recuperação de áreas degradadas pode ser definida como um processo de reversão dessas áreas em terras produtivas e autossustentáveis, de acordo com uma proposta preestabelecida de uso do solo.

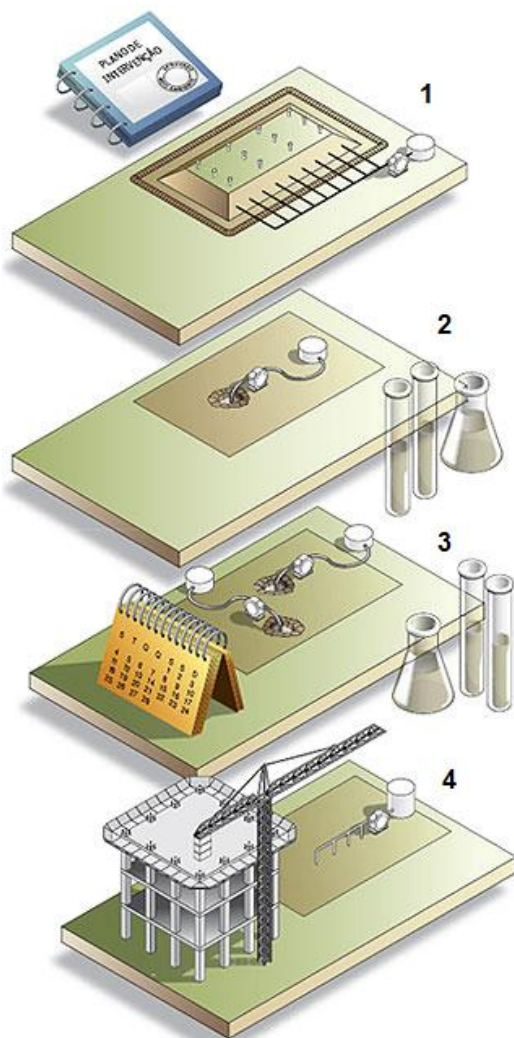


Figura 2: Etapas de um plano de recuperação. 1 – elaboração do plano e início das implantações, 2 – detectar o local adequado do tratamento e análises laboratoriais, 3 – tempo de recuperação necessário para o solo e análises finais, 4 – monitoramento constante da área e início de futuras obras civis.

Fonte: Téchne, 2012.

3.1.1 Análise Prévia da Área Contaminada

A análise da área deve-se começar pela inspeção de campo. É a inspeção do local onde se quer verificar indícios de contaminação (FIEMG, 2011).

O profissional de meio ambiente, encarregado em fazer a avaliação, deverá percorrer área por área, verificando:

- tipo e condições de pavimentação em locais de risco;
- trincas no piso e/ou manchas de produtos no solo;
- existência de passivos ambientais visíveis;
- indícios da existência de práticas de enterrar resíduos de processo no interior do local;
- condições de tanques aéreos e enterrados;
- tipos de materiais utilizados nos processos e onde e como estão armazenados;
- tipos de resíduos gerados no processo e onde e como estão armazenados;
- a existência de equipamentos de proteção ambiental nos processos;
- áreas verdes próximas à área de produção;
- existência de tratamento interno do efluente de processo;
- proximidade de corpos d'água (nascentes, córrego, etc.) no interior ou nas proximidades;
- sinais de contaminação no solo (descarte de efluentes, descarte de resíduos sólidos) em áreas vizinhas à divisa da empresa;
- a utilização de defensivos agrícolas;
- armazenamento e registros de como foi feito o descarte de embalagens e eventuais sobras de produtos;
- existência de propriedades (rurais, urbanas ou industriais) no entorno da empresa.

O próximo passo, após a inspeção de campo, são as entrevistas. É uma ferramenta de investigação utilizada para obtenção de mais informações sobre a empresa avaliada e da área circunvizinha através de pessoas que tenham um conhecimento do passado do local, tais como: empregados antigos, ex-empregados, vizinhos, proprietário, funcionários públicos, etc. São informações que somadas às inspeções de campo e à parte documental poderão dar uma ajuda significativa ao profissional de meio ambiente, encarregado da avaliação e confecção do parecer da 1ª fase (FIEMG, 2011).

A entrevista é orientada por um *check-list* elaborado pelo profissional de meio ambiente responsável abordando quesitos como:

- informações sobre a utilização da área, uso atual e histórico, e das indústrias presentes na circunvizinhança;
- ocorrência de acidentes ambientais na própria indústria ou em indústrias vizinhas;
- utilização de produtos perigosos;
- presença de odores na vizinhança;
- existência de poços para captação de água subterrânea;
- histórico de reclamações da vizinhança.

3.1.2 Investigação Confirmatória

É a etapa do processo de identificação de áreas contaminadas que tem como objetivo principal confirmar ou não a existência de contaminantes de origem antrópica nas áreas suspeitas, no solo ou nas águas subterrâneas, em concentrações acima dos Valores de Investigação (VI) (FIEMG, 2011).

As principais etapas da investigação confirmatória são as seguintes:

- sondagem de solos e coleta de amostras para avaliar contaminações nos locais identificados provenientes de resíduos enterrados indevidamente, derramamento de produtos químicos, etc.;
- efetuar análise de solo e de aquífero subterrâneo do local para avaliar teor de contaminação;
- coleta de amostra de água, à jusante do local, próximo à sua divisa, seguindo o fluxo de escoamento do aquífero subterrâneo;
- coleta de amostras, seguindo o fluxo de escoamento do aquífero subterrâneo, privilegiando as áreas tidas como de risco, para avaliar a existência de contaminação;
- coleta de amostra de água a montante do local, seguindo o fluxo de escoamento do aquífero subterrâneo, próximo à sua divisa;
- coleta de amostra de água de aquíferos superficiais próximos à divisa de saída do local;
- análises das amostras de solo e água subterrânea.

Vale salientar que para realização dos trabalhos em áreas contaminadas, é importante que seja contratada empresa idônea para que se garanta qualidade nos serviços prestados.

De forma sistemática, as etapas de um plano de recuperação são:

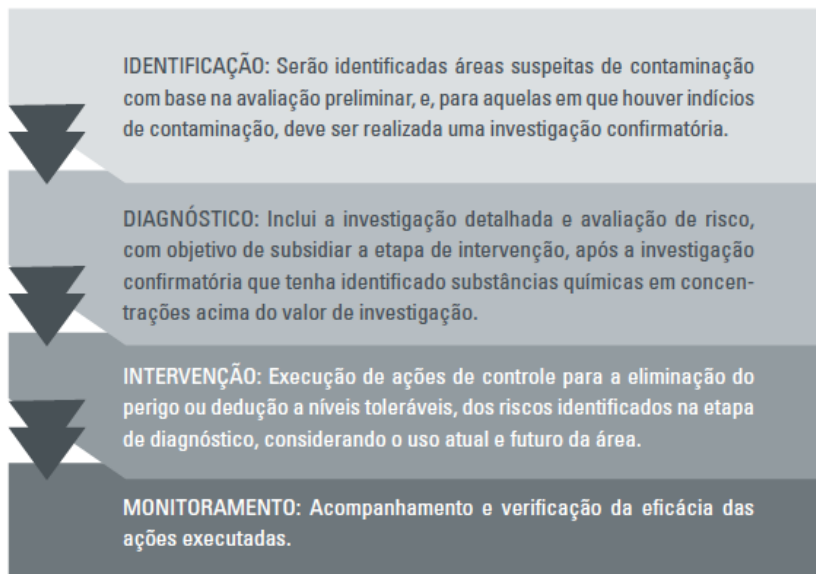


Figura 3: Etapas do PRAD.
Fonte: FIEMG, 2011.

3.2 ÁREA DEGRADADA

Área degradada é aquela área que sofreu de alguma forma uma modificação nas suas características naturais. Nesse ponto, a EMBRAPA (2008), Empresa Brasileira de Pesquisas Agrícolas, cita que a alteração adversa das características do solo em relação aos seus diversos usos possíveis, tanto os estabelecidos em planejamento, como os potenciais são características da área degradada. Ainda, nesse ponto, o Planeta Água (2004), instituto especializado na prática de recuperação de áreas degradadas, comenta que as degradações se definem como as modificações impostas pela sociedade aos ecossistemas naturais, alterando (degradando) as suas características físicas, químicas e biológicas, comprometendo, assim, a qualidade de vida dos seres humanos.

Uma área contaminada pode ser definida como área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria que contenha quantidades ou concentrações de substâncias químicas, comprovadas por estudos, que causem ou possam causar danos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger (FEAM, 2008). Por conseguinte, contaminação é a presença de substâncias químicas ou biológicas no ar, no solo ou na

água, decorrentes de atividades antrópicas, em concentrações tais que restrinjam a utilização desse serviço ambiental para os usos atual e/ou futuro, definidas com base em avaliação de risco à saúde humana, assim como aos bens a proteger, em cenário de exposição padronizado ou específico.

Um ponto importante a se analisar é como perceber que determinada área pode ou não ser considerada degradada. Por definição, deve-se estudar suas características primitivas e a sua atual situação. Afonso (2009) trata do assunto da seguinte maneira, a degradação de uma área verifica-se quando a vegetação e, por consequência, a fauna, são destruídas, removidas ou expulsas; a camada de solo fértil é perdida, removida ou coberta; a vazão e a qualidade ambiental dos corpos d'água superficiais e/ou subterrâneos são alterados.

Para determinar-se se uma área está contaminada ou não, devem-se usar os seguintes passos:

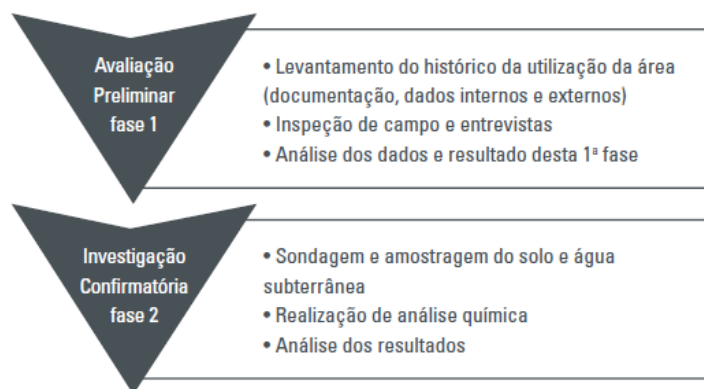


Figura 4: Passos de identificação.
Fonte: FIEMG, 2011.

3.3 TÉCNICAS DE REMEDIAÇÃO

Para remediação das áreas contaminadas tem-se hoje uma série de alternativas que possibilitam a solução dos problemas.

Sob a denominação de técnica de remediação estão englobadas todas as técnicas que visam a recuperação de uma área contaminada, quer por remoção do material contaminado, impedimento do caminho do contaminante através do solo ou diminuição ou eliminação do potencial tóxico do contaminante (atenuação) (SCHMIDT, 2010).

Os métodos de remediação podem ser agrupados de acordo com as formas de atuação, como proposto a seguir:

- remoção do solo contaminado e disposição em outro local;
- contenção por sistemas de barreiras físicas;
- remoção do contaminante por bombeamento para posterior tratamento e/ou disposição;
- tratamentos químicos, físicos ou biológicos in situ, para degradar, imobilizar ou neutralizar os contaminantes; incluídas nesse caso as técnicas de biorremediação;
- sistemas de extração de vapores, baseados na volatilização dos compostos orgânicos;

Shackelford (1999) sugeriu o fluxograma apresentado na figura abaixo para as etapas de um projeto de remediação:

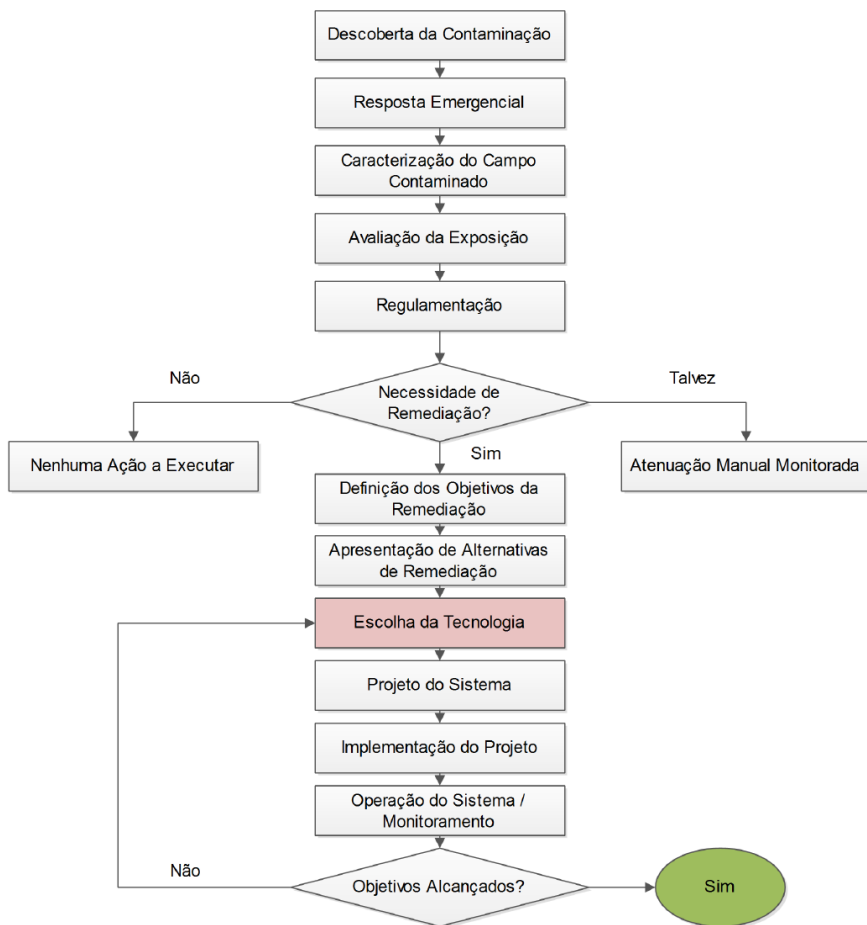


Figura 5: Fluxograma do tratamento.
Fonte: Shackelford, 1999.

As técnicas de remediação podem ser realizadas no local (in situ) ou através de remoção do material (solo) contaminado para outro local, onde será tratado (ex situ). As técnicas ex situ não são, em geral, apropriadas para grandes áreas contaminadas, por motivos econômicos. Devem ainda ser rigorosamente estudados os aspectos técnicos e econômicos da disposição dos resíduos e a efetividade do tratamento a fim de se evitar a contaminação da área de despejo final, bem como custos excessivos envolvidos no projeto. Esses aspectos levaram à aplicação crescente de técnicas de remediação in (SCHMIDT, 2010).

A escolha da técnica a ser utilizada em uma área contaminada depende de diversos fatores, tais como:

- localização e extensão da área contaminada;
- condições geotécnicas locais;
- condições hidrogeológicas locais;
- forma de ocorrência da contaminação (fases dos compostos, concentração);
- ocorrência em áreas saturadas e não saturadas;
- características químicas e físicas dos contaminantes;
- identificação dos riscos envolvidos para a população local baseada em um sistema de análise de riscos;
- viabilidade técnica e econômica e aspectos legais para implantação de um sistema de remediação.

A caracterização do campo contaminado inclui todos os ensaios e verificações usualmente realizadas nos solos não contaminados, além de caracterização de parâmetros inerentes à contaminação, como se segue (SCHMIDT, 2010).

Um programa de caracterização da contaminação envolve:

- ensaios de caracterização de solo (granulometria, parâmetros físicos, limite de liquidez e plasticidade, presença de matéria orgânica), de forma a classificar as camadas de solo de acordo com os sistemas existentes.
- caracterização hidrogeológica e geotécnica do campo contaminado, incluindo a estratigrafia local, a determinação de heterogeneidades, os gradientes hidráulicos, os níveis e pressões d'água, a condutividade hidráulica do aquífero e a permeabilidade ao ar;
- determinação das características químicas do solo em termos de sua composição e propriedades químicas como pH, capacidade de troca catiônica, potencial Redox, cátions trocáveis, sais solúveis, etc.;
- caracterização físico-química dos contaminantes.
- identificação da distribuição (localização e extensão) da contaminação nas zonas saturada e não saturada;
- monitoramento através de poços e coleta de amostras de água e solo para acompanhamento da remediação.

3.4 ATERRO SANITÁRIO

Aterro sanitário é o local adequado para a destinação final de resíduos sólidos, com os devidos tratamentos que tal despejo necessita. Nesse quesito, Conder (2010) define aterro sanitário como um

equipamento projetado para receber e tratar o RSU produzido pelos habitantes de uma cidade, com base em estudos de engenharia, para reduzir ao máximo os impactos causados ao meio ambiente. Atualmente é uma das técnicas mais seguras e de mais baixo custo.

Seguindo a mesma linha de raciocínio, partindo dos mesmos princípios, do Nascimento (2009) fala de forma mais abrangente, citando que um aterro é um espaço destinado à deposição final de resíduos sólidos gerados pela atividade humana. Nele são dispostos resíduos domésticos, comerciais, de serviços de saúde, da indústria de construção, ou detritos sólidos retirados do esgoto.

Sobre o funcionamento interno do aterro, suas divisões em camadas, Bicca et. al. (2010) explana que o aterro sanitário é a forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo através do seu confinamento em camadas cobertas com terra, atendendo às normas operacionais, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais.

3.4.1 Queima de gases

A queima de gases é uma prática habitual em aterros sanitários que visa a redução do metano em dióxido de carbono na eliminação para a atmosfera.

Um site referência no assunto, o Biodieselbr (2012), fala do assunto da seguinte maneira, o biogás gerado nos aterros sanitários deve ser drenado e queimado para mitigação dos efeitos causados pelo seu lançamento na atmosfera, notadamente no que concerne a potencialização do efeito estufa. A queima do biogás transforma o metano em dióxido de carbono e vapor d'água.

Por sua vez, da Costa et. al. (2009) aborda o objetivo da queima de gases como captar e utilizar o gás de aterro sanitário (biogás) gerado através da decomposição dos resíduos orgânicos depositados no local do Aterro Sanitário de Feira de Santana da seguinte forma: captura ativa e queima de biogás, a combustão de biogás para geração de energia e a combustão de biogás para geração de energia térmica.

Como o biogás possui um alto potencial de geração de energia elétrica, o IBAM (2007) trata do assunto como uma alternativa de energia elétrica oriunda do biogás de aterros sanitários ganha novas políticas de geração de energia com a biomassa e outras fontes de energia renovável, dentro do contexto de desenvolvimento sustentável, incentivada pelo governo federal. Projetos com aproveitamento do biogás para simples queima no flare ou produção de energia geram receita com a venda de

créditos de carbono no mercado internacional, o que propicia um incentivo para melhorar o projeto e a operação dos aterros sanitários e avançar na implementação de uma correta gestão dos resíduos sólidos urbanos nos municípios brasileiros.

3.4.2 Tratamento do lixiviado

Considerado o maior impacto de lixões sem tratamento, o lixiviado possui alto poder de percolação e contaminação de lençóis freáticos. Necessidade básica em aterros sanitários, contempla o tratamento do lixiviado, que ao juntar-se com os resíduos em decomposição, transforma-se em uma mistura altamente poluente dos lençóis freáticos.

Lange et. al. (2006), explica o tema como nos aterros sanitários são gerados contaminantes, como o lixiviado que apresenta um problema ambiental devido ao seu alto potencial de contaminação. Para o licenciamento ambiental desses aterros é necessário um sistema de tratamento de efluentes que atinja os padrões exigidos pela legislação. Para atender esta demanda das prefeituras, considerando os problemas no tratamento por processos biológicos e físico-químicos convencionais, é necessária a busca de alternativas de tratamento eficientes dentro de um padrão de sustentabilidade técnica e econômica. Nesse contexto, Gomes (2009) fala que os lixiviados de aterros sanitários podem ser definidos como o líquido proveniente da umidade natural e da água de constituição presente na matéria orgânica dos resíduos, dos produtos da degradação biológica dos materiais orgânicos e da água de infiltração na camada de cobertura e interior das células de aterramento, somado a materiais dissolvidos ou suspensos que foram extraídos da massa de resíduos.

Corroborando o já citado, IBAM (2007) conclui que o lixiviado, também chamado de chorume ou percolado, é originado de várias fontes: da umidade natural dos resíduos que podem reter líquidos através da absorção capilar; de fontes externas, como água de chuvas, superficiais e de mananciais subterrâneos, de água de constituição da matéria orgânica e das bactérias que expelem enzimas que dissolvem a matéria orgânica para a formação de líquidos.

3.4.3 Impermeabilização do aterro

O sistema de impermeabilização de base, também chamado barreira impermeável, tem a função de proteger a fundação do aterro,

evitando a contaminação do subsolo e aquíferos subjacentes, pela migração do lixiviado e/ou biogás. Esse sistema deve ser executado a fim de garantir estanqueidade, durabilidade, resistência mecânica, resistência às intempéries e compatibilidade com os resíduos a serem aterrados. Normalmente, tem-se utilizado como materiais impermeabilizantes tanto revestimentos minerais (camada de argila adequadamente compactada) quanto revestimentos sintéticos (geomembranas plásticas e betuminosas) (CASTILHOS, 2003).

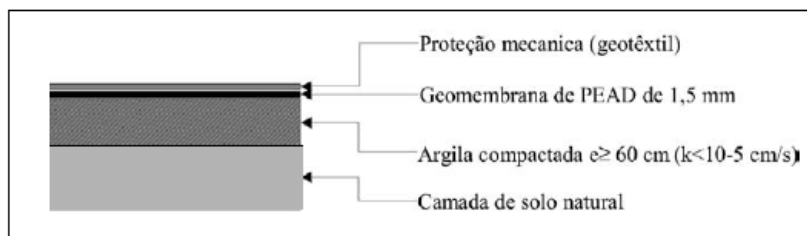


Figura 6: Esquema de um sistema de impermeabilização de base.

Fonte: PROSAB

3.4.4 Cobertura do aterro

Dentre os procedimentos operacionais de um aterro sanitário, inclui-se a execução de camadas de coberturas intermediárias e finais. As camadas intermediárias são aquelas realizadas ao longo do processo de enchimento do aterro, devendo ser realizada diariamente ou ao final da jornada de trabalho. Possui diversas funções, como controlar a proliferação de vetores de doenças, minimizar a emanção de odores e minimizar o afluxo de águas pluviais para o interior do maciço de resíduos. Por sua vez, as camadas de coberturas finais servem para evitar ou minimizar a infiltração de águas pluviais, impedir que os gases gerados escapem e favorecer a recuperação final da área e sua revegetação.

Geralmente o solo é o material mais utilizado para a execução dessas camadas, também sendo utilizada em larga escala a adição de argila compactada para impermeabilização (CASTILHOS, 2003).

3.5 AVALIAÇÃO DE RISCO

O conceito fundamental de avaliação de risco está baseado na existência de três componentes essenciais: contaminantes perigosos,

vetores de exposição e receptores potenciais. Não existindo um dos três componentes, entende-se que não existe o risco da contaminação (SCHMIDT, 2010).

Usualmente, diz-se que:

$$\text{Risco} = (\text{vulnerabilidade} \times \text{perigo}) - \text{capacidade}$$

Ou seja, para conceituar o risco de uma determinada área, devemos levar em conta negativamente a vulnerabilidade à contaminação que a área está exposta juntamente com o perigo que ela tende a gerar, reduzindo desta multiplicação a capacidade que a área possui de se recuperar.

A classificação da ABNT quanto à periculosidade de resíduos sólidos, considera como perigosos os resíduos que “em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar riscos à saúde pública, provocando ou contribuindo para um aumento de mortalidade e incidência de doenças, e/ou apresentarem efeitos adversos ao meio-ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada” (SCHMIDT, 2010).

Vetores de exposição são formas de transporte do contaminante, que permitem seu contato com o receptor a partir do meio contaminado. Os vetores finais do processo são chamados de rotas de exposição, correspondendo a rotas específicas de exposição pelas quais o contaminante penetra no receptor. Exemplos de rotas de exposição são: ingestão de água, inalação durante o banho, absorção dermal durante o banho, ingestão de solo, contato dermal com o solo, inalação de vapores. Finalmente, receptores são os indivíduos ou grupos de indivíduos que ficam potencialmente expostos à contaminação.

A caracterização do risco envolve a quantificação dos riscos aos receptores potenciais associados à exposição aos compostos químicos analisados. O risco é verificado utilizando-se programas comerciais reconhecidos, integrando-se os resultados de exposição e toxicidade, com caracterização em termos de magnitude e incertezas envolvidas no processo (SCHMIDT, 2010).

3.6 LEGISLAÇÃO VIGENTE

Devido à crescente preocupação com o tema “Áreas Contaminadas”, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA)

publicou, em 2009, uma resolução estabelecendo critérios e valores orientadores referentes à presença de substâncias químicas no solo e fornecendo diretrizes e procedimentos para o gerenciamento de áreas contaminadas, a Resolução CONAMA nº 420/09 (FIEMG, 2011).

Em seguida, será apresentada uma relação da legislação federal com relevância para o problema de áreas contaminadas:

- Lei nº 12.035, de 02/08/2010 – Institui a Política nacional de Resíduos Sólidos;
- Resolução Conama nº 420, de 28/12/2009 – Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas;
- Resolução Conama nº 396, de 03/04/2008 – Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências;
- Resolução Conama nº 334, de 03/04/2003 – Dispõe sobre os procedimentos de licenciamento ambiental de estabelecimentos destinados ao recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos;
- Lei nº 10.165, de 27/12/2000 - Altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências;
- Lei nº 9.605, de 12/2/1998 – Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências;
- Resolução Conama nº 05 de 05/08/1993 – Estabelece definições, classificações e procedimentos mínimos para o gerenciamento de resíduos sólidos oriundos de serviços de saúde, portos e aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários;
- Resolução Conama 02, de 22/08/1991 – Dispõe sobre adoção de ações corretivas, de tratamento e de disposição final de cargas deterioradas, contaminadas ou fora das especificações ou abandonadas;
- Lei nº 6.938, de 31/8/1981 – Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências;
- Lei nº 6.803, de 2/7/1980 – Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências;

- Lei nº 6.766, de 19/12/1979 – Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências.

O Brasil também dispõe de normas técnicas (Normas ABNT) para orientar as primeiras etapas do gerenciamento de áreas contaminadas e de amostragem de solo e águas subterrâneas, além de normas técnicas que visam orientar preventivamente, estabelecendo medidas para correto manuseio, armazenamento e transporte de produtos e resíduos perigosos. Tais Normas seguem abaixo:

- ABNT NBR 15515-1: Passivo ambiental em solo e água subterrânea. A norma estabelece os procedimentos mínimos para avaliação preliminar de passivo ambiental visando a identificação de indícios de contaminação de solo e água subterrânea;
- ABNT NBR 15495: Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulados. Norma que estabelece parâmetros para projetos e construção de poços de monitoramento de água subterrânea;
- ABNT NBR 15847: Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento – Métodos de purga. A norma apresenta os métodos de purga com remoção de volume determinado, purga de baixa-vazão e métodos passivos de amostragem.
- ABNT NBR 10004: Critérios de classificação e os ensaios para a identificação dos resíduos conforme suas características. A norma classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais para o meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente.

4 METODOLOGIA

Para a elaboração de um PRAD, algumas etapas foram necessárias. Caracterização regional e local, caracterização da área degradada, detalhamento dos pontos críticos, são etapas fundamentais que juntas contemplam um PRAD.

A forma de realização e montagem de um PRAD foi estabelecida na INSTRUÇÃO NORMATIVA IBAMA Nº 04, DE 13-04-2011 (ANEXO A), e serviu como embasamento para o formulário aplicado nas pessoas consultadas no município de Garopaba.

4.1 DIAGNÓSTICO

Nesse trabalho foi realizado um estudo a respeito da caracterização da área no entorno do lixão. Através da literatura, imagens de satélites e entrevistas com pessoas pré-determinadas via formulário (ANEXO A), dados de solo, água e ar, além dos meios bióticos, como flora e fauna, foram levantados e analisados para um conhecimento global da bacia hidrográfica que abrange o local.

Para um diagnóstico do histórico do RSU, foi contatada a empresa RESAMB - Reciclagem e Limpeza Ambiental Ltda. (Figura 7), que é a responsável pela coleta e transporte dos resíduos sólidos urbanos no município de Garopaba.



Figura 7: Caminhão da RESAMB.

Fonte: Autor.

Através de perguntas via formulário (ANEXO A), dados como o histórico do RSU no município até a atual situação da problemática, foram coletados e consistidos posteriormente. Dessa maneira, pôde-se

fazer um resgate da descrição da área do lixão antes e depois da disposição de resíduos no local, permitindo-se descrever e analisar inicialmente os impactos ambientais que lá existam.

Foi realizada uma relação entre os dados adquiridos com a literatura, descrevendo assim os impactos, permitindo que o trabalho passe para uma próxima etapa, que consiste na mitigação dos mesmos.

Para caracterização específica do lixão, visitas ao local foram realizadas. Ainda, em contato com algumas secretarias do município de Garopaba, como a Secretaria de Obras e a de Infraestrutura, foi possível se obter dados físicos específicos do lixão, como altura, volume, arquivos digitalizados, etc. Tais informações são primordiais para análises posteriores. Mapas ilustrativos que apresentem as dimensões do terreno foram expostos para melhor compreensão do trabalho.

Por fim, através de consulta literária, o trabalho propôs medidas mitigadoras e técnicas já utilizadas que auxiliem na redução desses impactos, recuperação da área e restauração das características naturais do local.

4.1.1 Clima

Via literatura e fontes no local, caracterizou-se o clima da região do entorno do lixão. O clima é importante na contemplação do PRAD em virtude de indicar a temperatura da região, seu grau de pluviosidade e intempéries que a região esteja sujeita.

4.1.2 Geologia e pedologia

Caracterizou-se o solo antes e depois dos danos ambientais causados pelo lixão, baseado em literatura e consulta nas secretarias responsáveis. Elencou-se também qual o solo da região, classificando-o e citando suas principais características, quanto a compactabilidade e vulnerabilidade erosiva.

4.1.3 Geomorfologia e relevo

Caracterizou-se o relevo antes e depois dos danos ambientais causados pelo lixão, baseado em literatura e consulta nas secretarias responsáveis. Buscou-se aqui entender os aspectos genéticos, cronológicos, morfológicos, morfométricos e dinâmicos do solo da região para uma caracterização completa no PRAD.

4.1.4 Recursos hídricos

Informou-se a bacia hidrográfica em que a área do PRAD está inserida, identificando os principais cursos hídricos ao redor, o seu local de desagüamento, ainda informações sobre o lençol freático no local, como altura e qualidade do mesmo.

4.1.5 Vegetação

Identificaram-se as vegetações predominantes no local (Mata Atlântica, etc.), além da existência ou não de animais na região do lixão, através da literatura. Este estudo auxilia na análise da vulnerabilidade da região em relação ao risco de contaminação ou não do local.

4.1.6 Histórico do lixão

Através de visitas realizadas à Prefeitura Municipal de Garopaba e ao próprio local do lixão, por meio de formulários e observações, foram levantados os dados necessários para o histórico do lixão.

Dados como o tempo de funcionamento do lixão, a forma como foi feita o seu fechamento e o tipo de material que era depositado foram obtidos e inseridos no histórico.

4.2 PROGNÓSTICO

Nesta etapa foi onde o trabalho visualizou uma situação futura caso nada seja feito no local. Deixou-se claro a previsão dos riscos e consequências que a região estará exposta no futuro. Em conversas com pessoas na região e dados obtidos junto à Secretaria de Turismo, foi feito um estudo demográfico da região e as tendências de crescimento do município, tentando se analisar assim se a região no entorno ao antigo lixão poderá ou não sofrer consequências e agravar os impactos ambientais no local.

4.3 AVALIAÇÃO E ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE REMEDIAÇÃO

Baseado em normativas, trabalhos já realizados e referências especializadas, o trabalho propôs as técnicas mais recomendadas atualmente no mercado para mitigação dos problemas.

Os principais impactos do lixão são o lixivado e a geração de gases. Neste ponto, foram indicadas as técnicas mais adequadas para a resolução desta situação.

Durante as visitas ao local e as entrevistas realizadas para a produção do trabalho, foram realizadas perguntas que objetivaram propor, após o PRAD finalizado, sugestões de futuras utilizações da área, que atendam a necessidade da população, estando ela de acordo com as permissões da prefeitura.

5 RESULTADOS

5.1 DIAGNÓSTICO

5.1.1 Clima

O clima do município segundo a classificação de Köppen é Cfa, ou seja, climasubtropical mesotérmico úmido, com verão quente. A temperatura média anual situa-se na faixa entre 19 e 20 graus C, sendo janeiro o mês mais quente e julho o mês mais frio. (EPAGRI, 2001).

Com relação à pluviosidade, o município apresenta uma precipitação total anual que oscila entre 1.500 mm e 1.700 mm, ocorrendo em janeiro a máxima precipitação e a mínima em julho. (EPAGRI, 2001).

5.1.2 Geologia e pedologia

A geologia do município de Garopaba é constituída por rochas graníticas do Neoprotrozóico, conhecido como Granitóide Paulo Lopes, Granito Imaruí-Capivari e Granito Rio Chicão e sedimentos holocênicos caracterizados por depósitos colúvioaluvionares, eólicos, flúvio-lagunares, praias, planície lagunar e litorâneos indiferenciados.

O Granitóide Paulo Lopes é constituído por rochas graníticas de granulação grossa. Faz contato, em geral por falha, com os granitos da suíte Pedras Grandes, sendo recortado de forma intrusiva por dois stocks do granito Rio Chicão (CPRM, 2000). O Granito Imaruí-Capivari é constituído por sienos e onzogramitos de cor cinza a rosa, de textura porfirítica, granulação grossa a média, às vezes pegmatóide, com presença de feldspato alcalino. Já, o Granito Rio Chicão estão agrupados cerca de dez stocks graníticos posicionados ao longo da borda leste do Batólito Imaruí- Capivari. Destacam-se por suas formas arredondadas de relevo proeminente e que apresentam contatos nítidos, por vezes transicionais com as encaixantes. (CPRM, 2000).

Como município marítimo, nas linhas de praia, ao nível atual do mar, são formados extensos cordões de areias finas a grossas, com fragmentos de conchas de moluscos e, constantemente, retrabalhadas pelas ondas de marés, que representam a sedimentação litorânea atual. Encontram-se também, depósitos eólicos representados pelas dunas – que são constituídas por areias esbranquiçadas e resultam do retrabalhamento de depósitos praias. (GAROPABA, 2008).

De acordo com o Departamento Nacional de produção Mineral (DNPM) os minérios encontrados em Garopaba em 2008 eram: areia, ouro, argila, turfa, conchas calcárias, seguidas de água mineral, quartzo, minério de manganês e saibro. Quanto ao tipo de solo eles pertencem a seis classes: Argissolos, Cambissolos, Gleissolos, Neossolos, Organossolos e Dunas.

No terreno do lixão, observa-se a presença de uma camada superficial de terra compactada, colocada no fechamento do lixão.

5.1.3 Geomorfologia e relevo

Na geomorfologia do Estado de Santa Catarina foram identificados quatro domínios morfoestruturais, sete regiões geomorfológicas e treze unidades geomorfológicas, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Levantamento Geomorfológico de Santa Catarina

Domínio geomorfológico	Regiões geomorfológicas	Unidades geomorfológicas
Depósitos sedimentares	Planícies Costeiras	Planícies Litorâneas
		Planície Colúvio Aluvionar
Bacias e Coberturas Sedimentares	Planalto das Araucárias	Planalto dos Campos Gerais
		Planalto Dissecado Rio Iguaçu/Rio Uruguai
		Patamares da Serra Geral
		Serra Geral
	Depressão Sudeste Catarinense	Depressão da Zona Carbonífera Catarinense
	Planalto Centro Oriental de Santa Catarina	Patamares do Alto Rio Itajaí
		Planalto de Lages
	Patamar Oriental Bacia do Paraná	Patamar de Mafra
Faixa de Dobramentos Remobilizados	Escarpas e Reversos da Serra do Mar	Serra do Mar
		Planalto de São Bento do Sul
Embasamento Estilos Complexos	Serras do Leste Catarinense	Serras do Tabuleiro/Itajaí

Fonte: EMBRAPA (1998, p.15).

O município de Garopaba está inserido na Região Geomorfológica Serras do Leste Catarinense, no sentido norte-sul, caracterizada pela presença da Serra do Tabuleiro com topografia mais elevada e uma altimetria baixa em direção ao litoral, terminando em pontais, penínsulas e ilhas. No litoral apresenta uma extensa área de planície litorânea e fluvial. (SANTA CATARINA, 1986).

O território municipal apresenta 71,53% de sua área com declividades entre 0 e 30%, que são as regiões de planícies, as encostas que vão de suaves a onduladas e alguns topos de morros de formato mais suave; 19,13% possui declividade entre 30 a 46,6%, correspondendo as encostas um pouco mais íngremes; e, 9,34% possui declividade acima dos 46,6%, sendo áreas mais íngremes de afloramentos rochosos. (GAROPABA, 2008).

O município possui concentrações urbanas na região nordeste, seguindo a SC-434 até a região sul do município, onde a declividade dominante varia entre 0 e 5% e de 5 a 15%; nos restantes, a declividade varia de 15 a 30% e de 30 a 46,6%. Seguindo a SC-434, a urbanização é mais espalhada e ocupa declividade de 0 a 5% e outros pontos com declividades que podem chegar a 46,6%. Mesmo tendo espaço mais plano para a expansão urbana algumas edificações estão sendo construídas próximas a declividades acima de 30%. Na parte sul, a área urbanizada está situada em área com declividade entre 0 a 30%. (GAROPABA, 2008).

Assim como na maioria do município, a área do lixão localiza-se em uma grande planície, de aproximadamente 200 mil m², ocupando o mesmo 95 mil m² dessa área.

5.1.4 Recursos hídricos

A hidrografia do Estado de Santa Catarina foi subdividida em 10 Regiões Hidrográficas (RH) para planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. (Figura 8).



Figura 8: Regiões Hidrográficas em Santa Catarina
 Fonte: <<http://www.aguas.sc.gov.br/sirhsc/biblioteca>>

A rede hidrográfica presente no município de Garopaba pertence a vertente do Atlântico, cujos rios possuem perfil longitudinal e com declividade acentuada.

Os rios constituem uma bacia hidrográfica que é o conjunto de terras drenadas por um rio principal, seus afluentes e subafluentes. A ideia de bacia hidrográfica está associada à noção da existência de nascentes, divisores de águas e características dos cursos de água, principais e secundários, denominados afluentes e subafluentes.

O município apresenta duas bacias hidrográficas: a do Rio da Madre (porção norte) e do Rio D'Una (porção sul). O Rio da Madre pertence a Região Hidrográfica Litoral Centro (RH 8) e o Rio D'Una a Região Hidrográfica Sul Catarinense (RH 9).

As microbacias hidrográficas pertencentes a Bacia do Rio da Madre são (Figura 9):

a) Microbacia do Siriú

Localiza-se na parte norte do município, nos limites com o município de Paulo Lopes, tendo como principal rio, o Rio Siriú, que deságua no Oceano Atlântico. Em sua foz encontram-se as Lagoas: Siriú

e Macacu. Apresenta atividade antrópica, tendo mais a montante o predomínio das pastagens e campos naturais, e próximo da foz, áreas urbanizadas. (GAROPABA, 2008)

b) Microbacia de Garopaba

Localiza-se na parte leste do município, com uma drenagem que corre no sentido norte-sul, com uma pequena lagoa na parte mais urbanizada. Apresenta intensa urbanização e atividades agropecuárias. (GAROPABA, 2008).

c) Microbacia da Lagoa de Garopaba

Está localizada na parte central do município, cujo destaque está na Lagoa de Garopaba, que possui como afluentes os Rios Linhares e Rio da Palhocinha. É uma microbacia com atuação antrópica bastante intensa: concentração da mancha urbana nos terrenos situados próximos a SC 434. Nas partes mais elevadas predomina a ocupação por florestas. (GAROPABA, 2008).

Já, as microbacias pertencentes a Bacia do Rio D'Una são:

a) Microbacia Ribeirão da Cova Feia e Ressacada

Localiza-se na parte oeste do município, tendo como afluente principal o Rio Araçatuba. Apresenta as áreas mais elevadas do município, em parte coberta por florestas, exceto as áreas próximas a BR 101, ocupadas por atividades agropecuárias. (GAROPABA, 2008).

b) Microbacia Lagoa de Ibiraquera

Localiza-se na parte sul do município. Nas suas margens são praticadas atividades de pastagens e uma intensa urbanização, principalmente no entorno da SC 434. (GAROPABA, 2008).

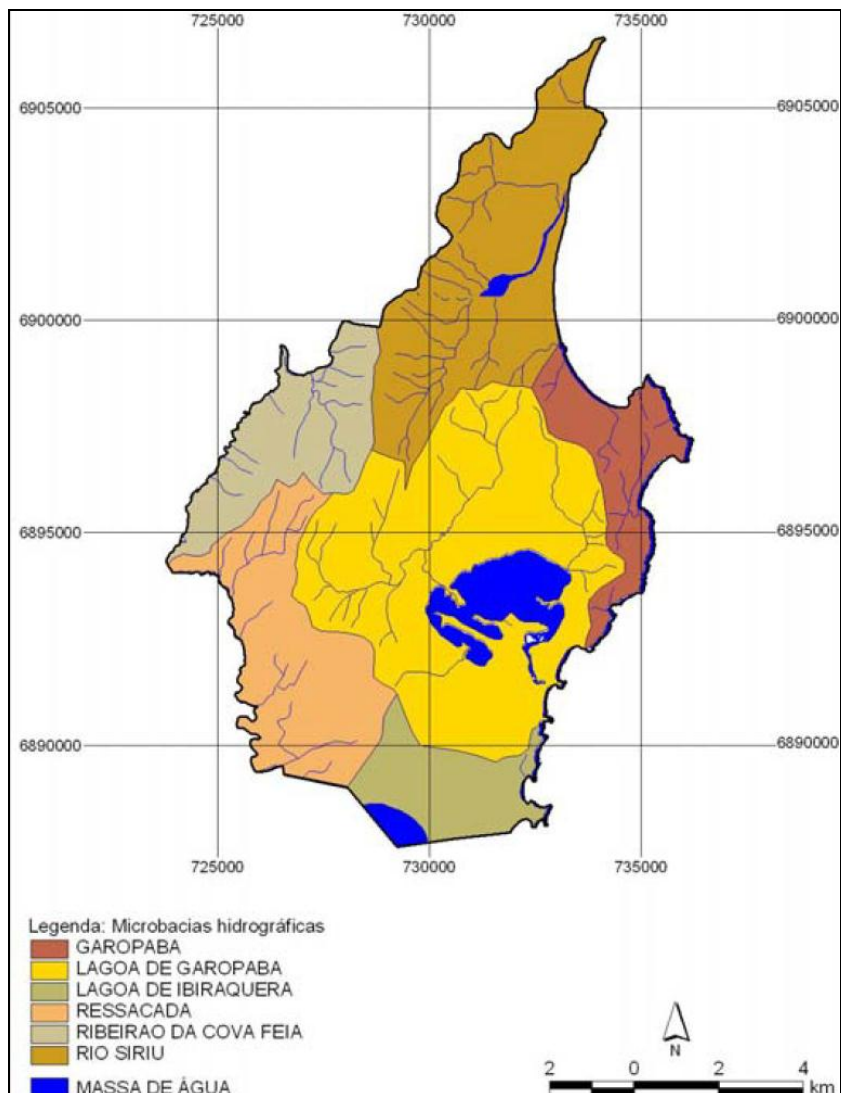


Figura 9: Microbacias no Município de Garopaba.

Fonte: Garopaba, 2008.

O município está inserido no contexto regional do sistema lagunar da planície costeira do território catarinense. Em Garopaba encontram-se quatro lagoas: Lagoa de Ibiraquera, Lagoa de Garopaba, Lagoa do Siriú e Lagoa do Macacu.

O sistema de abastecimento de água do município de Garopaba é administrado e operado em gestão associada do município e o Governo do Estado de Santa Catarina, através da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento – CASAN. Segundo informações dos técnicos da CASAN local, cerca de 95% do município está sendo atendido pela CASAN. De acordo com dados do Sistema de Informação de Atenção Básica (SIAB), para as 5.675 famílias cadastradas pela Secretaria Municipal de Saúde de Garopaba em 2012, cerca de 71% destas famílias são atendidas pela rede pública de abastecimento de água (Tabela 2). Além disso, 35,24% das famílias realizam algum tipo de tratamento no domicílio, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 2: Tipo de abastecimento de água por família.

Abastecimento de Água	N. de famílias Cadastradas	%
Rede Pública	4.070	71,72
Poço ou nascente	1.527	26,91
Outros	78	1,37
Total	5.675	100

Fonte: SIAB, 2012.

Tabela 3: Tipo de tratamento de água no domicílio.

Tratamento de Água no Domicílio	N. de famílias Cadastradas	%
Filtração	838	14,77
Fervura	77	1,36
Cloração	1.085	19,12
Sem tratamento	3.675	64,76
Total	5.675	100

Fonte: SIAB, 2012.

O local do estudo está contido no bairro Areias de Ambrósio, zona central de Garopaba (Figura 10), marcado em vermelho na figura a seguir. Atrás do lixão, cerca de 150 metros, há o Rio Cano, que logo na sequência se transforma no Rio Ambrósio, ligando-se ao Rio Encantada e desaguando na Lagoa de Garopaba.



Figura 10: Local do antigo lixão em estudo.

Fonte: Google Earth.

Quanto ao lençol freático na região, como o município de Garopaba é litorâneo e praieiro, o mesmo se encontra no local a uma profundidade de 2 metros, estando bem próximo ao fundo do aterro, que é de 1,5 metros.

Atualmente, não há nenhum tipo de reclamação da população ao redor do lixão, nem quanto ao gás, nem quanto ao lixiviado, segundo a PMG. A rede de abastecimento de água da CASAN atende toda a região de Areias de Ambrósio, não havendo assim o risco da população local estar captando água subterrânea para seu sustento, haja vista que o manancial que abastece o centro da cidade é proveniente de cachoeiras no alto das encostas. Tanto o Rio Cano, Rio Encantada e Rio Ambrósio não possuem atividade pesqueira nem captação de água, assim como a Lagoa de Garopaba é utilizada apenas como ponto final da rede pluvial da região central do município.

A composição química comum do lixiviado no geral segue na tabela abaixo para questões ilustrativas.

Tabela 4: Parâmetros que caracterizam o lixiviado.

Parâmetro	Faixa
pH	4,5 – 9
Sólidos totais	2000 – 60 000
Matéria orgânica (mg/L)	
Carbono orgânico total	30 – 29 000
Demanda biológica de oxigênio (DBO ₅)	20 – 57 000
Demanda química de oxigênio (DQO)	140 – 152 000
DBO ₅ /DQO	0,02 - 0,80
Nitrogênio orgânico	14 – 2500
Macrocomponentes inorgânicos(mg/L)	
Fósforo total	0,1 – 23
Cloretos	150 - 4500
Sulfatos	2136883
HCO ₃ ⁻	610 - 7320
Sódio	70 - 7700
Potássio	50 - 3700
Nitrogênio amoniacal	50 - 2200
Cálcio	10 - 7200
Magnésio	30 - 15 000
Ferro	3 - 5500
Manganês	0,03 - 1400
Sílica	4 - 70
Elementos traços inorgânicos (mg/L)	
Arsênico	0,01 - 1
Cádmio	0,0001 - 0,4
Cromo	0,02 - 1,5
Cobalto	0,005 - 1,5
Cobre	0,005 - 10
Chumbo	0,001 - 5
Mercúrio	0,00005 - 0,16

Fonte: <http://www.quimica.ufpr.br>

Assim, percebe-se que a principal composição do lixiviado é a alta quantidade de carga orgânica e metais. Recomendam-se no diagnóstico do PRAD análises destes parâmetros, tanto em águas superficiais, quanto nas subterrâneas. As diretrizes de análises e os locais mais adequados seguem especificados no item 5.3. A finalidade é ver a influência do lixiviado gerado no lixão nos recursos hídricos da região.

5.1.5 Vegetação

As associações vegetais que se estabelecem em uma região são determinadas por diferentes fatores ambientais: quantidade de luz, de calor e de umidade, fertilidade e profundidade do solo e forma do terreno, entre outros. Assim, a cobertura vegetal resulta da interação de vários componentes que variam de um lugar para outro.

Segundo Klein (1978) o Estado de Santa Catarina encontra-se dentro do Bioma Mata Atlântica, com as formações fitogeográficas: Floresta Tropical do Litoral e Encosta Centro-Norte, Floresta Faxinal da Serra do Tabuleiro, Floresta Nebular dos Aparados da Serra Geral, Núcleos de Pinhas, Campos de Altitude, Campos com Capões e a Vegetação Litorânea (Figura 11).

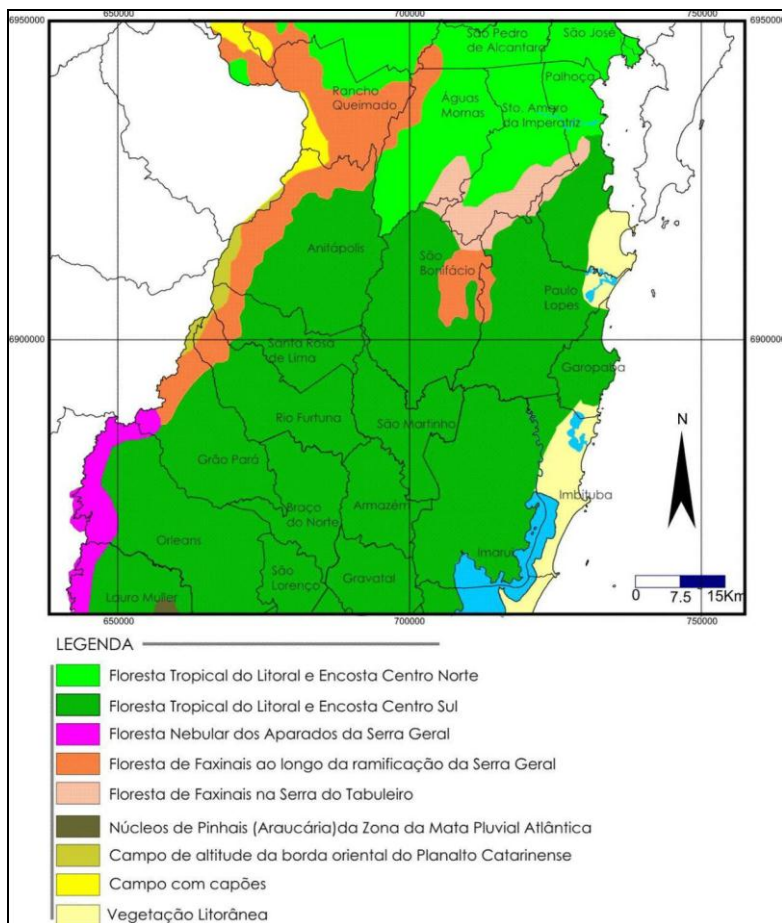


Figura 11: Fitofisionomias da região hidrográfica do litoral centro sul catarinense

Fonte: Garopaba. Plano Diretor. 2008.

De acordo com a Figura 11, o município de Garopaba apresenta em seu território a Floresta Tropical do Litoral e Encosta do Centro Sul e Vegetação Litorânea.

Com relação a vegetação remanescente, apenas 37,9% de sua área territorial apresenta tal cobertura em estágio médio ou avançado de desenvolvimento (SANTA CATARINA, 1986). Estas áreas estão situadas sobre os Morros do Buraco, da Costa do Siriú e da Maria Paula, que integram o Parque da Serra do Tabuleiro (ocupa apenas 5% do território deste município) juntamente com as encostas com maiores declividades, tais como: Riacho do Poeta, da Costa do Macacu, da

Ressacada, Ambrósio, Penha e Morros da ferrugem e da encantada.(GAROPABA, 2008).

Na grande planície que está inserida o lixão, localizada dentro da Floresta Tropical do Litoral, a predominância é de uma vegetação rasteira de gramíneas e pequenos arbustos, além da zona ripária que segue o curso do Rio Cano.



Figura 12: Terreno do antigo lixão.

Fonte: Autor.

5.1.6 Histórico do lixão

O lixão em estudo foi utilizado entre os anos de 1988 e 2000. Localiza-se em um bairro no centro da cidade de Garopaba, chamado Areias de Ambrósio e fica em uma área particular. Somente a partir de 2000, os resíduos passaram a ser depositados em aterro sanitário da empresa PROACTIVA, no município de Biguaçu.

Especificamente se tratando do lixão, os dados obtidos junto a prefeitura de Garopaba (PMG) foram os seguintes:

Tabela 5: Dados do lixão

Dados obtidos	
Área do lixão	95 mil m ²
Altura do aterro	1,5 m
Altura de RSU	1 m
Recobrimento	0,5 m

Fonte: PMG, 2012

No lixão eram depositados todos os tipos de resíduos, desde domiciliar, construção civil (aqueles que não eram reutilizados em outras obras) até hospitalar. A única diferença entre eles era que o lixo hospitalar passava por um processo de incineração antes de ser depositado, para sua descontaminação. O RSU depositado não era compactado, apenas colocado sobre o terreno. O recobrimento dado ao terreno após seu fechamento foi de terra e grama, com aproximadamente 1 metro de altura. Fazendeiros da região hoje criam gado no terreno.

Quanto a responsabilidade de remediação do terreno, cabe ressaltar que a prefeitura alugou o terreno, que é de propriedade privada, para seu uso ao longo dos 12 anos de atividade. Portanto, o passivo ambiental é de corresponsabilidade também da prefeitura, que foi responsável direta pelo acúmulo de lixo. Uma análise criteriosa no contrato feito à época torna-se imprescindível neste caso.



Figura 13: Criação de gado sobre o terreno.

Fonte: Autor.

5.2 PROGNÓSTICO

Nos últimos censos do IBGE, percebe-se uma nítida evolução no crescimento populacional de Garopaba, como se percebe abaixo.

Tabela 6: Taxas de Crescimento Geométrico - Garopaba

Período	Taxa		
	Total	Rural	Urbano
1970/1980	1,00%	-0,47%	4,56%
1980/1991	1,70%	-1,09%	5,44%
1991/2000	3,20%	-7,10%	8,42%
2000/2007	3,19%	1,02%	3,64%
2007/2010	3,42%	2,42%	3,62%

Fonte: IBGE, Censos Demográficos e Contagem Populacional.

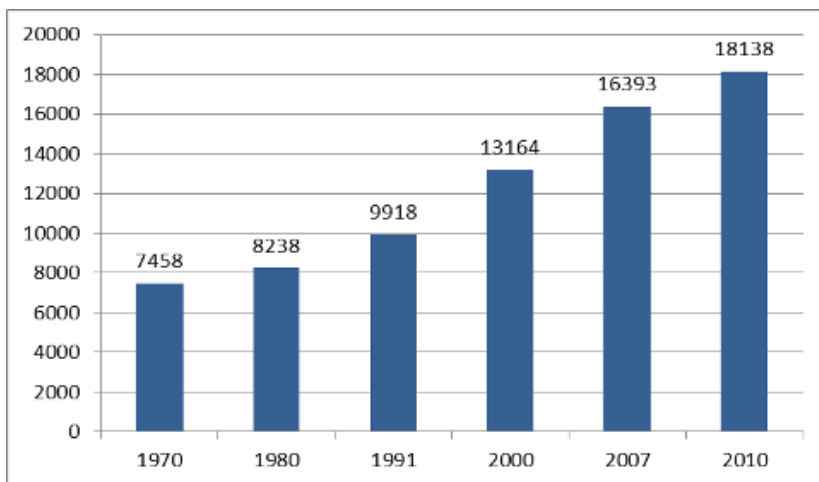


Figura 14: Evolução da População

Fonte: IBGE, Censos Demográficos e Contagem da População

Assim sendo, torna-se gradual a concentração de pessoas nas zonas interioranas do centro de Garopaba. O bairro Areias de Ambrósio está em expansão e a área ao redor do lixão deve crescer consideravelmente nos próximos anos. Dessa forma, será inevitável a busca por uma utilização do terreno.

Em conversas com secretários da prefeitura de Garopaba, a principal ideia seria a desapropriação do terreno, pois este é de propriedade particular. Após, a aplicação do PRAD seguida de sua viabilidade para novas obras tornar-se-ia o ideal.

Na região é notória a necessidade de um ambiente social em comum para a população, sendo a construção de uma praça ou um campo de futebol o mais indicado pelos secretários para futuro uso do lixão.

5.3 AVALIAÇÃO DE GERAÇÃO DE GÁS E LIXIVIADO

Uma das etapas fundamentais e embasadoras para a aplicação do PRAD em lixões é a avaliação e geração de gás e lixivado que está sendo gerado pelos resíduos. O presente trabalho não realizou medições no lixão em estudo, mas elenca os métodos e normas recomendados por lei que devem ser atingidos.

Poços de análise da qualidade do lixivado devem ser instalados estrategicamente ao longo do aterro. Recomendam-se poços distribuídos

de acordo com a tendência do fluxo. Além disso, pode-se analisar a qualidade da água do Rio Cano, que passa próximo ao aterro, antes de passar ao lado do lixão e após, para efeito comparativo da contaminação ou não pelo lixivado nas águas do rio.

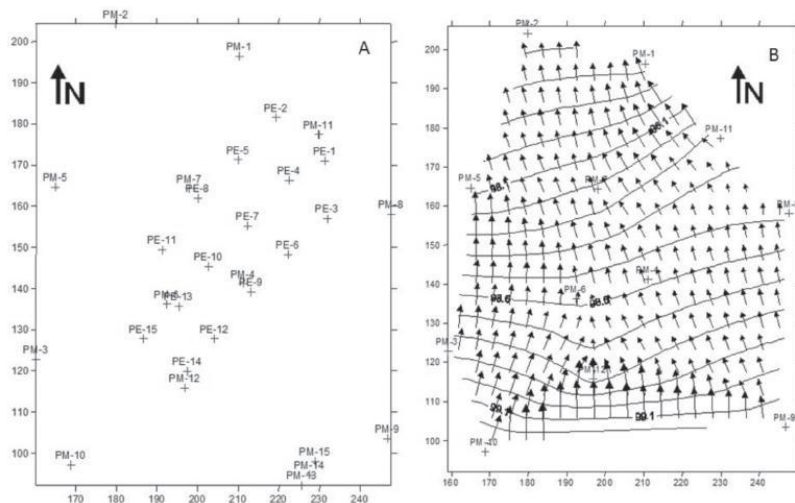


Figura 15: Exemplo de espalhamento dos poços de controle I.

Fonte: SILVA, 2008.



Figura 16: Exemplo de espalhamento dos poços de controle II.

Fonte: SILVA, 2008.

Os poços de monitoramento instalados para coleta de amostras para análise da qualidade das águas subterrâneas podem ser também utilizados para medir os níveis piezométricos do aquífero freático.

Os padrões analisados no efluente final são regidos pela Resolução Conama Nº 357 de 17 de março de 2005 e variam conforme a classe do corpo hídrico receptor.

Por outro lado, o gás gerado no aterro é um produto da decomposição do material orgânico presente na massa de resíduos que compõem o maciço. A presença de gases, do ponto de vista geotécnico, influi no conjunto das pressões internas de fluidos do maciço. A leitura das pressões de gás pode ser feita em piezômetros de câmara sifonada com a instalação de um registro para conexão de um manômetro de gás.

Já a estimativa de biogás gerada ao longo do tempo, parte de um cálculo proposto pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC (1996), onde é apresentada uma metodologia de fácil aplicação para cálculo de emissão de metano a partir de resíduos sólidos para países ou regiões específicas. Esse método, que segue a equação (1), envolve a estimativa da quantidade de carbono orgânico degradável presente no RSU, calculando assim a quantidade de metano que pode ser gerada por determinada quantidade de resíduo depositado, considerando diferentes categorias de resíduos sólidos domésticos. São necessários dados estatísticos sobre a população e sobre os resíduos sólidos urbanos.

$$Q_{CH_4} = \frac{Pop_{urb} \cdot TaxaRSD \cdot RSDf \cdot L_0}{pCH_4} \quad (1)$$

- Q_{CH_4} : metano gerado [m^3CH_4 /ano];
- Pop_{urb} : população urbana [habitantes];
- $TaxaRSD$: taxa de geração de resíduos sólidos domiciliares por habitante por ano [kg de RSD/habitante.ano];
- $RSDf$: fração de resíduos sólidos domésticos que é depositada em locais de disposição de resíduos sólidos [%];
- L_0 : potencial de geração de metano do RSU [kg de CH_4 /kg de RSD];
- pCH_4 : massa específica do metano [kg/ m^3];

Obs: O valor da massa específica do metano é 0,740 kg/ m^3 .

O potencial de geração de metano (L_0) representa a produção total de metano (m^3 de metano por tonelada de RSU). O valor de L_0 é dependente da composição do resíduo e, em particular, da fração de matéria orgânica presente. O valor de L_0 é estimado com base no conteúdo de carbono do resíduo, na fração de carbono biodegradável e num fator de conversão estequiométrico. Valores típicos para esse parâmetro variam de 125 m^3 de tonelada de CH_4 /tonelada de resíduo a 310 m^3 de tonelada de CH_4 /tonelada de resíduo.

$$L_0 = FCM \cdot COD \cdot CODf \cdot F \cdot \left(\frac{16}{12}\right) \quad (2)$$

Sendo:

- L_0 : potencial de geração de metano do RSU [kg de CH_4 /kg de RSD];
- FCM: fator de correção de metano [%];
- COD: carbono orgânico degradável [kg de C/kg de RSD];
- CODf: fração de COD dissociada [%];
- F: fração em volume de metano no biogás [%];
- (16/12): fator de conversão de carbono em metano [kg de CH_4 /kg de C].

Conforme CETESB/SMA (2003), o FCM varia em função do tipo de local. O IPCC define quatro categorias de locais: Aterros Inadequados, Aterros Controlados, Aterros Adequados (Aterro Sanitário) e Aterros Sem Classificação e para cada uma das categorias o FCM apresenta um valor diferente, como mostra a tabela abaixo.

Tabela 7: Valores para o FCM.

Tipo de local de disposição	FCM
Lixão	0,4
Aterro Controlado	0,8
Aterro Sanitário	1
Locais sem categoria	0,6

Fonte: IPCC, 1996.

O cálculo da quantidade de carbono orgânico degradável (COD) segue a equação (3) e é baseado na composição do RSU e na quantidade de carbono em cada componente da massa de resíduo como apresentado em IPCC (1996). Na tabela 2, são encontrados os valores de COD para diferentes componentes do RSU.

Tabela 8: Teor de carbono orgânico degradável para cada componente do RSU.

Componente	Porcentagem COD (em massa)
A) papel e papelão	40
B) resíduos de parques e jardins	17
C) restos de alimentos	15
D) tecidos	40
E) madeira	30

Fonte: IPCC, 1996.

$$COD = (0,40 \cdot A) + (0,17 \cdot B) + (0,15 \cdot C) + (0,40 \cdot D) + (0,30 \cdot E) \quad (3)$$

Sendo:

- COD: carbono orgânico degradável [kg de C/kg de RSD];
- A: fração de papel e papelão no RSU;
- B: fração de resíduos de parques e jardins no RSU;
- C: fração de restos de alimentos no RSU;
- D: fração de tecidos no RSU;
- E: fração de madeira no RSU.

A fração de COD dissociada (CODf), segundo Birgerner & Crutzen (1987), indica a fração de carbono que é disponível para a decomposição bioquímica, e pode ser obtida pela equação (4). A fração de COD dissociada (CODf), segundo Birgerner & Crutzen (1987), indica a fração de carbono que é disponível para a decomposição bioquímica, e pode ser obtida pela equação (4).

$$CODf = 0,014 \cdot T + 0,28 \quad (4)$$

Sendo:

- CODf: fração de COD dissociada [%];
- T: temperatura na zona anaeróbia [°C].

Além da estimativa do total de biogás gerado no interior do lixão, há também a possibilidade de se fazer o estudo da emissão superficial do biogás que escapa para a atmosfera.

Dias (2009) propõe para tal análise a colocação de placas de fluxo que possibilitam a leitura do gás.



Figura 17: Placas de fluxo
Fonte: Dias (2009).

A cravação da placa de fluxo na camada de cobertura é feita em uma vala escavada com as dimensões totais da placa mais uma folga de cerca de 5 cm para cada lado (70 x 70 cm²) com profundidade de

aproximadamente 15 cm. Deve-se escavar com cuidado para não perturbar as características geotécnicas da área a ser investigada. Em seguida, a placa é pressionada verticalmente por meio do degrau para o cravamento no solo. Finalmente, recompõe-se a vala compactando manualmente o solo escavado. A um raio de aproximadamente 1,5 metros da cravação da placa cava-se o solo até a camada de resíduos. Mede-se a altura da camada de cobertura e tapa-se o buraco cavado, tomando-se o cuidado de instalar um tubo de PVC para monitorar a emissão de gases diretamente da massa de resíduos. O ensaio inicia-se logo em seguida à cravação da placa de fluxo na camada de cobertura coletando-se os dados de concentração dos gases e temperaturas interna e externa.

Assim sendo, uma análise profunda com os dados exatos do município para as fórmulas é necessária para um estudo dirigido a emissão de gases gerada pelo lixão.

5.4 AVALIAÇÃO E ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE REMEDIAÇÃO

Antes de se analisar as técnicas de remediação, deve-se ser levado em conta as atividades normais de operações de aterros. Assim, é necessário garantir a estanqueidade do RSU já existente.

As técnicas comuns de aterros, como a drenagem dos gases e a cobertura realizada da forma correta no lixão, já garantem a não continuidade dos problemas apresentados, estando assim o terreno livre para sofrer as remediações que serão discutidas na sequência.

As tecnologias de remediação de áreas degradadas avançaram muito com o tempo e hoje se classificam de três diferentes formas. A classificação é em função da retirada ou não do material do local. Estas tecnologias também são usadas em larga escala para a remediação de biocontaminantes do solo, como por exemplo, petróleo e seus derivados. Assim segue:

a) In situ

Tratamento do solo no próprio local (sem movimentação do solo). São as mais utilizadas, pois geralmente a remoção do solo contaminado do local é dispendioso e trabalhoso.

b) Ex situ (off site)

Remoção do solo contaminado (escavação do solo e bombeamento de água subterrânea). O seu tratamento e destino final serão realizados em um lugar fora do local de remoção do solo.

c) Ex situ (on site)

O solo contaminado é removido, mas tratado em estações instaladas no local.

Resumidamente:

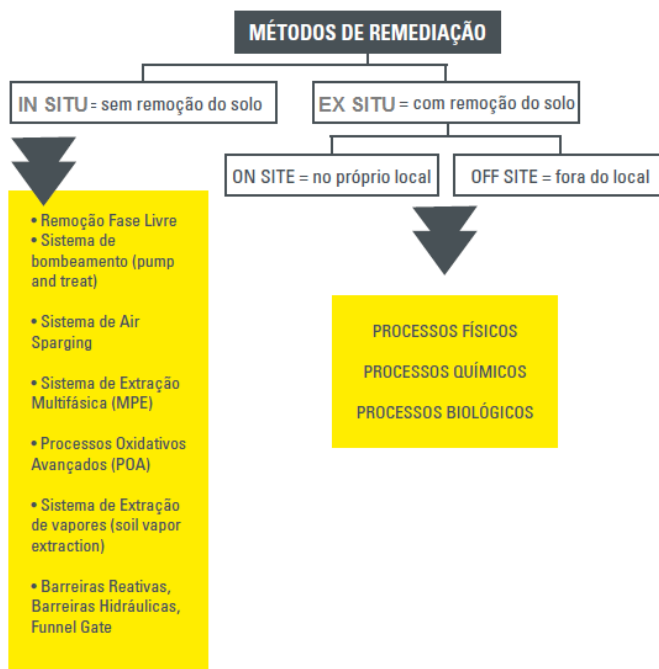


Figura 18: Técnicas de tratamento.

Fonte: FIEMG, 2011.

Dentre as técnicas para tratamento do lixiviado gerado e dos gases provenientes da contaminação que poderiam ser utilizadas, citadas na Figura 18, selecionou-se as mais aplicáveis no caso do lixão e abaixo segue como se dá o seu funcionamento, avaliando sempre sua aplicabilidade para o terreno.

5.4.1 Escavação, Remoção e Destinação do solo

Consiste na substituição de solo contaminado por solo limpo, que é escavado e destinado para tratamento adequado. Como forma de destinação adequada pode-se citar a disposição final em aterro sanitário.



Figura 19: Escavação e remoção do solo.

Fonte: Schmidt, 2010.

Com os dados vistos no item 5.1.6 do diagnóstico, nota-se que a técnica se tornaria seria inviável, haja vista a grande área (95 mil m²) que o mesmo abrange.

5.4.2 Extração multifásica

O Sistema de extração multifásica combina as técnicas de bioventilação e remoção de massa a vácuo, possibilitando a extração da fase livre, fase vapor, fase dissolvida na matriz do solo e estimulando o processo de biodegradação natural na zona não saturada (NOBRE et al., 2003; FURTADO, 2005).

Sua desvantagem é o alto custo, sendo utilizada mais em áreas degradadas por contaminantes de petróleo, devido sua alta periculosidade e dificuldade de remoção.

5.4.3 Bombeamento e Tratamento

Utiliza sistema provido de bombas, elétricas ou pneumáticas. Esse sistema pode agir de duas maneiras. Primeiramente, pode ser utilizado para captação das águas subterrâneas impactadas seguidas de tratamento adequado ou destinação final. Em paralelo, bombeia o

lixiviado gerado para o tratamento previamente escolhido. O bombeamento e tratamento também podem ser utilizados como espécie de barreira de contenção (linha de poços de bombeamento conhecida como barreira hidráulica), que altera as condições hidrológicas do local, impedindo que a contaminação siga o fluxo subterrâneo natural.

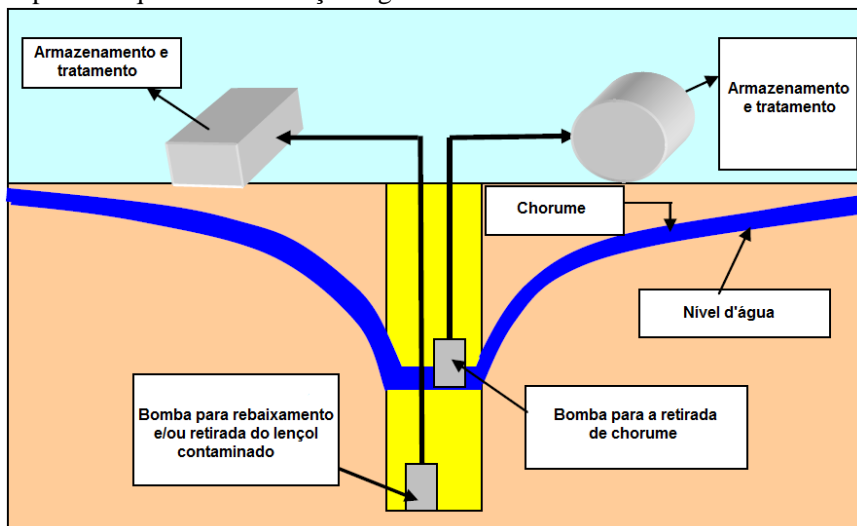


Figura 20: Bombeamento e tratamento

Fonte: Schmidt, 2010.

Esta técnica é utilizada em alta escala no mercado e seria entre as possibilidades citadas para tratamento do lixiviado, a mais indicada. Há espaço no local para instalação das estações e as perfurações são consideradas rasas, chegando ao máximo a 2 metros. Além disso, se necessário for, o rebaixamento do lençol freático seria também com perfurações superficiais, considerando como dito anteriormente no diagnóstico (5.1.6), que o mesmo se encontra em um nível próximo a superfície.

5.4.4 Air sparging

Utiliza a injeção de ar ou oxigênio na zona saturada do solo com o objetivo de promover uma espécie de "*stripping*" na água subterrânea e desprendendo os compostos orgânicos voláteis a serem captados em superfície.

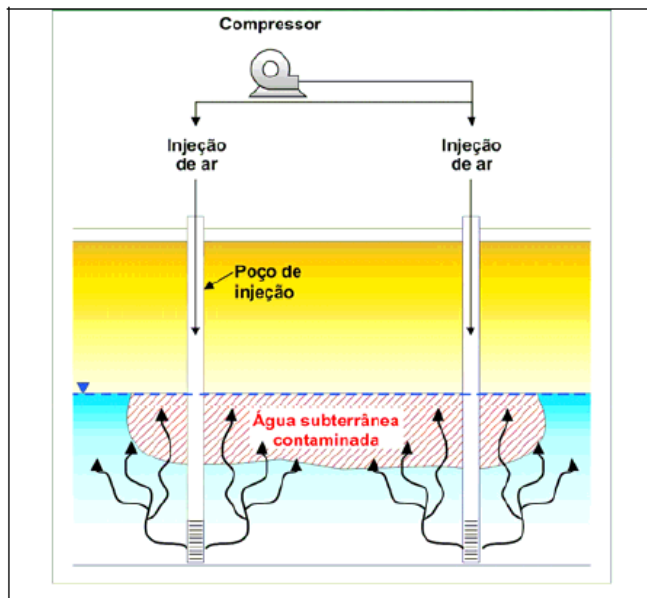


Figura 21: *Air Sparging*

Fonte: Bechara, 2004.

Sua utilização não prevê a instalação do tratamento adequado ao gás. Dessa forma, dependendo de uma análise prévia na quantidade de gás metano presente no local, a mesma tornar-se-ia inviável. Assim, as análises sugeridas no item 5.3 ajudariam na escolha.

5.4.5 Extração de vapores (SVE)

Trata-se de uma tecnologia simples de remediação in situ, apropriada para a remoção de contaminantes que tenham a tendência de se volatilizarem ou evaporarem facilmente. A técnica consiste na aplicação de grande quantidade de ar na zona não saturada do solo para promover a volatilização dos contaminantes presentes como fase livre ou como fase residual, e posterior extração dos vapores gerados por sistema de vácuo.

Os fatores que mais influenciam a utilização de SVE são: a permeabilidade do solo na zona não saturada, a umidade (altas umidades inviabilizam o processo), a profundidade do lençol freático e o tipo de contaminante.

A figura a seguir nos mostra a utilização do SVE na remoção de vapores oriundos da contaminação por derivados do petróleo.

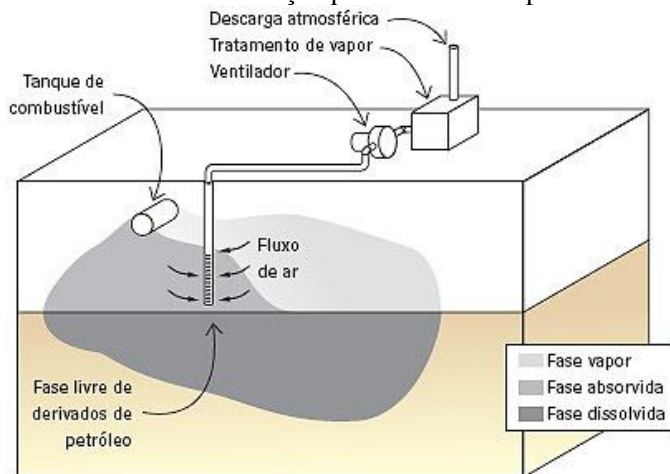


Figura 22: SVE.
Fonte: Téchne, 2012.

Entre as duas técnicas de remoção de gases citadas, o SVE apresenta-se como a melhor. Após uma série de tubos serem perfurados no solo, a captação do gás metano se iniciaria e o enviaria para o tratamento adequado. Tratamento este que pode ser realizado de forma simples, propiciando a quebra do gás após a sua queima, liberando-o para a atmosfera.

5.5 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Pelo diagnóstico proposto pelo CONAMA não ter sido preenchido em sua totalidade no trabalho, faltando análises conclusivas dos parâmetros estudados, deve-se ter cautela na avaliação do risco. Como a comunidade não utiliza as águas subterrâneas nem a água do Rio Cano para seu subsídio pode-se perceber que o risco que o lixão desativado traz, atualmente, para a comunidade é pequeno.

Após o levantamento bibliográfico e a consulta literária, cinco técnicas foram abordadas. Levando em conta o espaço físico e a questão financeira, as técnicas de **bombeamento e tratamento e SVE** aparentemente são as mais indicadas para corrigir as condições do terreno.

6 CONCLUSÃO

O trabalho traz, de forma clara, todas as etapas de realização de um PRAD. O seu passo a passo é desmembrado entre todas as etapas necessárias para sua produção. As leis que regem de forma geral as condições dos resíduos sólidos no Brasil também são apresentadas, a fim de embasar toda a pesquisa.

Para a produção de um PRAD foi escolhido um antigo lixão em Garopaba, com aval e todo o suporte necessário do atual secretário de planejamento da prefeitura de Garopaba João Manoel e do antigo secretário de planejamento Nilson Mello, que cordialmente passaram dados físicos e geográficos sobre a região e o terreno.

Com a nova Política Nacional dos Resíduos Sólidos, o tema do trabalho tende a ficar cada vez mais em evidência, onde prefeituras estão tendo que adequar seu sistema de coleta e disposição de resíduos sólidos sem deposições em lixões, mas em aterros sanitários. Entretanto, inúmeros municípios hoje depositam seus resíduos em lixões, necessitando seu fechamento adequado. Dessa forma, entra em ação o PRAD.

As técnicas de remediação destas áreas ainda são consideravelmente dispendiosas, dificultando sua execução em municípios de pequeno porte. Em Garopaba, por exemplo, após as conversas com ambos os secretários, foi pedido que na elaboração do PRAD do presente trabalho, um dos principais fatores a serem levado em consideração fosse a questão financeira.

6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

As pretensões do trabalho foram realizar um amplo estudo sobre a região do lixão em Garopaba (diagnóstico e prognóstico), mostrar o que é e como é feito um PRAD e propor um para o terreno do lixão.

Considerando que este estudo trata de um mercado ainda em expansão e com constantes descobertas e inovações, houve algumas limitações para a presente pesquisa, tais como: escassez de trabalhos semelhantes realizados no Brasil, falta de pesquisas conclusivas que poderiam contribuir para uma maior abrangência da análise desempenhada. Também, tratando-se de um trabalho de conclusão do curso, não foi possível por tempo hábil e materiais disponíveis a realização da análise de parâmetros no lixão, onde os principais seriam: análise do gás liberado pela decomposição, análise da água no lençol freático e análise da água ao longo do Rio Cano.

Também, uma análise econômica que englobe as técnicas de remediação, estudando seus custos de aplicação, torna-se de grande valia para uma complementação do trabalho. Após esse levantamento, um quadro comparativo pode ser realizado. Além disso, levantar em fontes bibliográficas o que futuramente poderá ou não ser construído no terreno, tendo sua variação um embasamento na técnica utilizada.

Assim, o intuito do trabalho foi apresentar todas as etapas necessárias para a elaboração do PRAD. Um estudo mais aprofundado, com os recursos necessários, seria uma complementação muito útil para uma futura pesquisa e até mesmo a colocação em prática do PRAD apresentado em ANEXO A.

Vale salientar que apesar do estudo de caso ter se apresentado especificamente para o antigo lixão de Garopaba, este trabalho e o seu passo a passo pode ser utilizado em larga escala, variando apenas seus detalhes, porém mantendo o escopo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010. Disponível em < www.abrelpe.org.br>. Acesso em: fevereiro de 2012.

AFONSO, A. A.; Recuperação de áreas degradadas. Outubro, 2009. 56 p

BACK, A. J. Chuvas intensas e chuva de projeto de drenagem superficial no Estado de Santa Catarina. Florianópolis: EPAGRI, 2002. 65p. (Boletim Técnico, 123).

BECHARA. G. (2004) Contaminação do solo e água subterrânea por compostos orgânicos. Cetrel Lumina. Soluções Ambientais. Disponível em < <http://www.iq.usp.br>>. Acesso em: 30 dez. 2012.

BICCA, B.; NETO, B.; SOARES, J. Geração de energia através de aterro sanitário. Rio Grande do Sul, 2010. Universidade Federal do Pampa. 11 p.

BIODIESELBR Online Ltda. Disponível em:
<<http://www.biodieselbr.com/energia/biogas/biogas-aterros-sanitarios.htm>> Acesso em: 8 de março de 2012.

BIRGEMER, H.G. & CRUTZEN, P.J. The production of methane from solid wastes. Journal of geophysical research, 1987. v. 92, n° D2, pp 2181-2187.

BRASIL, 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. LEI Nº 12.305 de 2 de agosto de 2010.

CAIXA. Caixa econômica Federal. Guia CAIXA: sustentabilidade ambiental - Caderno 2. Avaliação ambiental de terrenos com potencial de contaminação: gerenciamento de riscos em empreendimentos imobiliários. Brasília. 164 p. 2008.

CASTILHOS, A. B.; Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte. Projeto PROSAB – Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003

CETESB/SMA – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental & SMA-SP –Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Relatório técnico n.º 2 do convênio SMA/MCT n.º 01.0052.00/2001 – aterros. São Paulo, 2003, 349 p.

COELHO, H.; Manual de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde, editado em 2001, pela Fundação Oswaldo Cruz.

CONDER, 2010. Companhia de desenvolvimento urbano do estado da Bahia. Manual de Operação de Aterros Sanitários. 28 p.

CRPM. Serviço Geológico do Brasil. Carta hidrogeológica. Folha Criciúma. Escala 1:250.000. 2000.

da Costa, A. E. B. et al.; Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL: Projeto de gás do Aterro Sanitário de Feira de Santana. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Bahia. Janeiro, 2009.

da Silva, M. C. T.; Plano de Recuperação de Área Degradada – Lixão de Dourados. 2004. 67 p.

DIAS, Vanessa Cristina Ferreira. Estudo das emissões de biogás nos aterros sanitários de Içara e Tijuquinhas. Florianópolis: UFSC / Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, 2009.

do Nascimento, F. R. R.; Ciências do Ambiente, Aterros: Sanitário, Controlado, Não Controlado e Lixão. Centro Universitário Central Paulista. São Paulo, 2009. 13 p.

EMBRAPA, 2008. Curso de Recuperação de Áreas Degradadas: A Visão da Ciência do Solo no Contexto do Diagnóstico, Manejo, Indicadores de Monitoramento e Estratégias de Recuperação. Rio de Janeiro. 239 p.

EMBRAPA. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de Santa Catarina. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1998.

EPAGRI. A Agroecologia no Mundo, Brasil e Santa Catarina. Florianópolis, 2001. Disponível: em <<http://www.epagri.sc.gov.br/>> Acesso em 30 dez 2012.

FIEMG, Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais. Gerenciamento de Áreas Contaminadas – Conceitos e Informações Gerais. 2011. 75p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM) – Gestão de Áreas Contaminadas 2008.

GAROPABA. Plano Diretor Municipal. 2008.

GAROPABA. PMSB, Plano Municipal de Saneamento Básico de Garopaba. 2012. 5 volumes.

GAROPABA. Prefeitura Municipal de Garopaba. Disponível em <<http://www.garopaba.sc.gov.br/conteudo/?item=24436&fa=3740>> Acesso em: 17 de janeiro de 2012.

GOMES, L.P; Estudos de caracterização e tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

IBAM, 2001. Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos / José Henrique Penido Monteiro et al. Coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro

IBAM, 2007; van Elk, Ana Ghislane Henriques Pereira. Redução de emissões na disposição final. Coordenação de Karin Segala – Rio de Janeiro. 40 p.

IBAMA, 2011. Instituto brasileiro do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis. Instrução normativa nº. 4.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<http://ibge.gov.br/>> Acesso em: 22/06/2012.

IPCC. International Panel on Climate Change. Guidelines for National .Greenhouse Inventories: Reference Manual (Vol.3), 1996.

LANGE, L. C. et al.; Tratamento de lixiviado de aterro sanitário por processo oxidativo avançado empregando reagente de fenton. Vol.11 - Nº 2 - abr/jun 2006, 175-183.

MAGRI, Francieli. Estudo de estratégias para restauração do meio degradado. Florianópolis, 2006.

NOBRE, M.M.M. e NOBRE, R.C.M. (1997). Uma solução geotécnica para remediação de águas subterrâneas contaminadas por compostos organo-clorados. Solos e Rochas, Agosto, pp. 121-134.

PLANETA ÁGUA – Associação de Defesa do Meio Ambiente. Teoria e Prática em Recuperação de Áreas Degradadas: Plantando a semente de um mundo melhor. Outubro, 2004. 55 p.

RESAMB. Reciclagem e Limpeza Ambiental Ltda. Informações sobre as atividades da empresa. Disponível em < <http://www.resamb.com.br>>. Acesso em: Dezembro de 2012.

SANTA CATARINA. Atlas Geográfico de Santa Catarina. Governo do Estado de Santa Catarina, SC. 1986.

SCHMIDT, C. A. B. - Série Temática: Recursos Hídricos e Saneamento ANO I – 2010 - Volume 1, 62p.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE (2001). Guia Pedagógico do Lixo. 2 ed. São Paulo.

SHACKELFORD, Charles D. (1999) Remediation of contaminated land: In Overview. 11th Panamerican Conference Soil Mechanics & Geotechnical Engineering. Foz do Iguaçu, PR.

SIAB. Sistema de Informação de Atenção Básica de Garopaba. 2012.

SILVA, Tiago Nascimento; CAMPOS, Lucila Maria de Souza. Avaliação da produção e qualidade do gás de aterro para energia no aterro sanitário dos Bandeirantes/SP. vol.13 no.1 Rio de Janeiro 2008.

TÉCHNE, Revista. <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/156/artigo167705-2.asp>> Acesso em 30 dez 2012.

ANEXO A

PRAD
PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA

Caracterização da Propriedade			
Denominação da Propriedade			
Endereço			
Localidade		Município/UF	
Área da propriedade	ha	Área do PRAD	ha
Área do PRAD em APP	ha	Área do PRAD em RL ¹	ha
Latitude		Longitude	
- Anexar Croqui da Propriedade detalhando a hidrografia, APP(s), Reserva Legal e área do PRAD. - Anexar Croqui de acesso à propriedade, a partir da sede do Município.			

Detentor			
Nome			
Endereço			
Município/UF		CEP	
E-mail		Telefone/Fax	
CPF/CNPJ		RG/Emissor	

Responsável Técnico pela Elaboração			
Nome			
Formação			
Endereço			
Município/UF		CEP	
E-mail		Telefone/Fax	
CPF/CNPJ		CREA/UF	
Número da ART		Validade da ART ²	

Responsável Técnico pela Execução			
Nome			
Formação			
Endereço			
Município/UF		CEP	
E-mail		Telefone/Fax	
CPF/CNPJ		CREA/UF	
Número da ART		Validade da ART ²	

Origem da Degradação	
Danos Ambientais Causados	Informar que danos ambientais foram causados exemplos: supressão de vegetação; extração de argila; alteração de curso d'água.
Origem dos Danos Ambientais	Informar a atividade que deu origem ao dano ambiental.
Efeitos Causados ao Ambiente	Detalhar os efeitos dos danos causados ao ambiente e suas consequências futuras, caso não ocorra a recuperação da área.
Caracterização Regional e Local	

¹ Reserva Legal² Anexar cópia autenticada

Climatologia	Classificação de Koeppen (ex: Cfa; Cfb).
Ecosistema	Ex: Floresta Tropical Atlântica (Mata Atlântica)
Fitofisionomia	Informar Região Fitoecológica: Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Mista; Floresta Estacional Decidual, Savana (Campos do Planalto Meridional); Restinga; Manguezal.
Bacia Hidrográfica	Informar a Bacia Hidrográfica em que a área do PRAD está inserida.
Microbacia Hidrográfica	Informar a Microbacia Hidrográfica em que a área do PRAD está inserida.
Pedologia	Informar os tipos de solo que ocorrem na Propriedade e os existentes na área degradada.

Caracterização da Área Degradada (Área do PRAD)		
	Situação Original (Antes dos Danos)	Situação Atual (Após os Danos)
Relevo	Caracterizar o relevo da área antes dos Danos Ambientais (ex: plano; ondulado; suave ondulado; etc.)	Caracterizar o relevo da área após os Danos Ambientais, informando as alterações que tenham sido efetuadas.
Solo	Caracterizar as condições do solo antes dos Danos Ambientais (presença de processos erosivos; fertilidade; pedregosidade; estrutura; textura; ausência ou presença de horizontes A, B, C e R;.)	Caracterizar as condições do solo após os Danos Ambientais (presença de processos erosivos; fertilidade; pedregosidade; estrutura; textura; ausência ou presença de horizontes A, B, C e R; etc.).
Hidrografia	Caracterizar a hidrografia da área antes dos Danos Ambientais	Caracterizar a hidrografia da área após os Danos Ambientais, informando as alterações que tenham sido efetuadas.
Vegetação	Caracterizar a vegetação existente na área antes dos Danos Ambientais (ex: campo; Floresta – detalhando estágio sucessional, de acordo com a Resolução CONAMA 004, de 04 de maio de 1994).	Caracterizar vegetação existente na área após os Danos Ambientais, informando a existência de remanescentes na área, banco de sementes e plântulas, presença de plantas invasoras ou espontâneas e a distância da área degradada de fontes de propágulos de espécies nativas.
<ul style="list-style-type: none"> - Podem ser incluídos novos itens que se julgue necessários. - Recomenda-se a apresentação de material fotográfico que contribua para a caracterização da área degradada. 		

Detalhamento de Pontos Críticos e Fatores Dificultadores do PRAD.
Listar e detalhar possíveis pontos críticos e fatores dificultadores para a Recuperação da Área Degradada.

Objetivo Geral do PRAD
Neste campo deve ser informado o Objetivo Geral do PRAD, ou seja, o resultado final esperado, o qual deve ser no mínimo semelhante a condição da área antes desta ter sido degradada.

Objetivos Específicos do PRAD
Neste campo deverão ser listadas as metas que deverão ser cumpridas para que o Objetivo Geral do PRAD seja alcançado, considerando sempre os danos ambientais diagnosticados, bem como os pontos críticos e fatores dificultadores na recuperação da área.
Exemplos de objetivos específicos: contenção de processos erosivos; restabelecimento da vegetação original; recuperação de estrutura e fertilidade do solo; etc.
O restabelecimento de ciclos naturais e o aumento das relações inter-específicas são indispensáveis como objetivos do PRAD.

Metodologias de Implantação

Neste campo devem ser informadas as metodologias que serão utilizadas para que sejam alcançados cada um dos Objetivos Específicos, sendo que:

- As metodologias a serem utilizadas devem ser fundamentadas tecnicamente, detalhando-se a relação das mesmas com o diagnóstico e com o objetivo da recuperação ambiental;
- Deve-se utilizar preferencialmente metodologias de eficácia já comprovada tecnicamente;
- As metodologias devem ser informadas de maneira clara e detalhadas;

Metodologia de Avaliação da Recuperação

Neste campo devem ser detalhadas as metodologias que serão utilizadas para a avaliação do processo de recuperação, sendo que estas devem ser capazes detectar os sucessos ou insucessos das estratégias escolhidas para a recuperação da área degradada, bem como os fatos que conduziram a estes resultados.

Dentre as técnicas utilizadas para a avaliação da recuperação, recomenda-se as que seguem:

- Avaliação da percentagem de cobertura do solo;
- Avaliação da contenção ou persistência de processos erosivos;
- Avaliação da sobrevivência de mudas e sementes implantadas;
- Avaliação quantitativa de serrapilheira;
- Avaliação quantitativa e qualitativa do banco de sementes;
- Avaliação da abundância e densidade de espécies vegetais;
- Avaliação de espécies bioindicadoras animais e vegetais;
- Avaliação da chuva de sementes;
- Avaliação da regeneração natural.

Deve ser apresentada periodicamente ao IBAMA, em período não superior a um ano, a DECLARAÇÃO DE ACOMPANHAMENTO E AVALIAÇÃO DE PROJETO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA (DAAPRAD). Para as DAAPRAD deve ser seguido o modelo apresentado no Anexo II.

Técnico Responsável pela Execução do PRAD

Nome		Data	
<div style="border-top: 1px solid black; width: 200px; margin: 0 auto;"></div> Assinatura			

Detentor do PRAD ou representante legal

Nome		Data	
<div style="border-top: 1px solid black; width: 200px; margin: 0 auto;"></div> Assinatura			